E. BARBEROT

CONSTRUCTIONS CIVILES

PARIS

CH. BÉRANGER EDITEUR

Ahmed Hamada

2e année

1901

Iowa #35

TRAITÉ

DE

CONSTRUCTIONS CIVILES

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

(Publiés à la même Librairie.)

Traité pratique de serrurerie. Constructions en fer et serrurerie d'art, par E. Barberot, 2e édition; 1 volume grand in-8°, avec 972 figures dans le texte, prix . . . . 25 fr.

Histoire des styles d'architecture, dans tous les pays, depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours, par E. Barberot, architecte; 2 volumes grand in-8° jésus, avec 928 gravures dans le texte. 40 fr.

Traité pratique de la législation des bâtiments et des usines, à l'usage des architectes, des ingénieurs, des entrepreneurs, des conducteurs des ponts et chaussées, des agents voyers, des propriétaires et des locataires, par E. Barberot, architecte; 1 volume in-8° contenant plus de 1500 pages, avec de nombreuses figures dans le texte, relié . . . . 20 fr.

TRAITÉ

DE

CONSTRUCTIONS CIVILES

TRAVAUX PRÉPARATOIRES ET CONNAISSANCE DU SOL
MAÇONNERIE — PAVAGES DIVERS — ACCESSOIRES DE MAÇONNERIE
BÉTON DE CIMENT ARMÉ
MARBRERIE, VITRERIE, VITRAUX — CHARPENTE EN BOIS — CHARPENTE MÉTALLIQUE
COUVERTURE — MENUISERIE ET FERRURES
ESCALIERS, MONTE-PLATS, MONTE-CHARGES ET ASCENSEURS
PLOMBERIE D'EAU ET SANITAIRE
CHAUFFAGE ET VENTILATION — DÉCORATION — ÉCLAIRAGE AU GAZ ET A L'ÉLECTRICITÉ
ACOUSTIQUE — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX — STATIQUE GRAPHIQUE
RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Deuxième édition revue et augmentée

PAR

E. BARBEROT

ARCHITECTE

Membre de la Société centrale des Architectes,
Membre de la Société des Ingénieurs civils.

Avec 1 637 figures dans le texte

DESSINÉES PAR L'AUTEUR

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

—

1900

PRÉFACE

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Notre livre est destiné à tous ceux qui s'occupent de l'art de construire. Assez peu théorique pour être consulté sans réclamer des connaissances étendues, il est néanmoins très documenté et forme une sorte d'aide-mémoire en même temps qu'un traité. Il contient toutes les branches de la construction, et les industries qui s'y rattachent, ainsi que l'étude des divers matériaux. Le tout est exposé d'une manière simple, sans abus des termes techniques et des formules, ce qui permettra au constructeur professionnel de trouver d'utiles renseignements, et aux personnes étrangères à la construction de se renseigner sur les meilleures manières de construire, sur la mise en œuvre des matériaux, sur leurs qualités et leurs défauts, et de pouvoir enfin, faire exécuter sans le secours d'un homme de l'art tous travaux concernant le bâtiment.

Nous nous sommes abstenu dans cet ouvrage de donner des prix comparatifs et dès prix de revient parce que notre livre n'est pas destiné à servir seulement à Paris, et que les prix variant d'une localité à l'autre et changeant aussi chaque année, le renseignement donné ne serait pas vrai dans une autre ville, ne serait plus vrai au bout d'un certain temps, et alors, loin d'être un document utile, il deviendrait une source d'erreurs, plus ou moins graves, beaucoup plus préjudiciables à nos lecteurs que ne leur seraient utiles des renseignements de prix fatalement

erronés. Du reste, nous plaçant au double point de vue des personnes faisant profession de construire et de celles s'occupant accidentellement de construction, nous dirons, que les premières connaissent parfaitement la valeur des matériaux et de la main-d'œuvre, et que les secondes quand elles se décident à construire, savent très bien se renseigner sérieusement, comparer les offres des fournisseurs ou entrepreneurs et s'entourer de toutes garanties et lumières désirables.

Nous avons établi notre programme sur la donnée suivante : traiter de toutes les professions appelées à coopérer à un ensemble de travaux ayant pour but l'édification d'une maison, c'est-à-dire, comme corps d'états tout ce qui a rapport à la construction civile en y adjoignant des spécialités et des renseignements généraux propres à compléter ou mettre en pratique les procédés de construction, ou les formules permettant d'établir exactement les forces et dimensions des pièces dans les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique.

Nous insistons ici sur ce point que notre livre peut être consulté avec fruit par tout le monde, et pour ne citer qu'un exemple, on verra qu'à côté des formules permettant de se rendre compte des efforts imposés aux matériaux, nous donnons des tableaux dans lesquels des calculs faits indiquent, pour le fer, le bois, etc., les sections nécessaires pour les charges que ces éléments constructifs peuvent être appelés à supporter. De plus, pour faciliter, aux personnes incompétentes l'emploi de ces tables, nous avons décrit la manière de les appliquer en faisant suivre d'exemples d'application qui en font comprendre immédiatement le mécanisme.

Ce livre est divisé par corps d'états ou industries ; chacune de ces parties ou chapitre est subdivisée en éléments dont la réunion constitue le corps d'état ou l'industrie traité.

Comme dans nos précédents livres, nous avons dressé la table alphabétique en y faisant entrer le plus grand

nombre possible de synonymes de manière à permettre de trouver promptement un sujet, qu'elle que soit la dénomination qu'on lui applique. De plus, au cas où on ne connaîtrait pas le nom de l'objet cherché mais qu'on connaîtrait la forme, il suffirait de feuilleter brièvement le chapitre concernant la spécialité dont on s'occupe, pour rencontrer la figure de l'objet cherché.

Nous avons également, nous-même, dessiné avec le plus grand soin tous nos exemples, donnant des dimensions chaque fois que cela nous a paru pouvoir être utile, ou, quand par la nature même du sujet traité, les dimensions étant invariables ou déterminées sont alors documentaires et font intimement partie intégrante de la figure.

Il existe beaucoup de traités de construction dont nous constatons volontiers la valeur. On pourrait donc se demander s'il était bien utile d'en faire un nouveau. Voici la raison qui nous a déterminé à entreprendre ce travail : avant l'apparition de nos précédents ouvrages, il existait de nombreux livres traitant des sujets que nous venions à notre tour développer; et pourtant, l'accueil que le public spécial a fait à notre nouveau plan de livre, plus pratique et plus dégagé des formules savantes, a prouvé qu'on pouvait encore faire sur ce sujet déjà bien vieux un travail appelé à rendre de réels services et qu'en lui donnant son maximum de développement, en traitant des choses les plus nouvelles, en y faisant entrer les derniers progrès de l'art de construire, et surtout, en le mettant à la portée de tous au double point de vue de la simplicité et du prix, nous pouvions occuper une place restée vacante entre les livres trop spéciaux et trop coûteux et ceux qui, étant trop succincts n'avaient pas atteint le but désiré qui consiste à être complet tout en conservant le format commode qui convient à tout ouvrage devant être fréquemment consulté.

PRÉFACE

DE LA DEUXIÈME ÉDITION

La première édition de cet ouvrage, comportant un tirage à 4400 exemplaires, a été rapidement épuisée. L'accueil fait à notre livre nous a clairement prouvé que le plan et la forme que nous avons adoptés répondaient bien à un besoin, et que cet ouvrage a pu être utilement consulté sur tous les cas, si nombreux et parfois si complexes, que comporte la construction civile.

Depuis 1895, époque à laquelle a paru la première édition, nous n'avons cessé de nous documenter et de reviser avec le plus grand soin les différents chapitres et de rechercher les fautes qu'il est si difficile d'éviter complètement dans un travail de cette importance.

Beaucoup de nos lecteurs ont bien voulu nous faire part des erreurs qu'ils avaient découvertes ; nous les en remercions sincèrement, cela nous a permis de rectifier des chiffres qui, erronés, peuvent amener de graves mécomptes.

Nous faisons donc appel à ceux qui liront cette nouvelle édition pour les prier de nous signaler les fautes, ou de nous indiquer les questions intéressantes, qui ne figureraient pas dans notre ouvrage, et qui pourraient être traitées utilement.

Nous avons introduit dans cette nouvelle édition tous les progrès réalisés dans l'art de construire : ciment armé,

couverture en ciment volcanique, etc., etc. De plus, pour faciliter les calculs, nous y avons fait figurer des exemples d'application de la statique graphique à la recherche des efforts des diverses membrures de tous les systèmes de combles, charpentes ou poutres.

En résumé, nous avons voulu rendre notre livre aussi complet et aussi documenté qu'il était possible.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CHAPITRE IV

CHAPITRE V

CHAPITRE VI

CHAPITRE VII

CHAPITRE VIII

CHAPITRE IX

CHAPITRE X

CHAPITRE XI

CHAPITRE XII

CHAPITRE XIII

CHAPITRE XIV

CHAPITRE XV

CHAPITRE XVI

CHAPITRE XVII

CHAPITRE XVIII

TRAITÉ

DE

CONSTRUCTIONS CIVILES

CHAPITRE PREMIER

TRAVAUX PRÉPARATOIRES ET CONNAISSANCE DU SOL

Terrassements. — Déblais. — Jets. — Fouilles en déblai. — Fouilles en excavation. — Fouilles en rigoles. — Fouilles en abatage. — Fouilles en sous-œuvre. — Fouilles de rochers. — Remblais. — Transport des terres ou déblais. — Foisonnement.

Nature et qualité du sol. — Reconnaissance de la qualité du sol. — Terrains incompressibles et inaffouillables. — Terrains incompressibles et affouillables. — Terrains de roches. — Terrains graveleux. — Terrains sablonneux, sables bouillants. — Terrains argileux compressibles. — Terrains limoneux et marneux.

Connaissance du sol. — Moyens de se rendre compte de la résistance du sol.

Sondages. — Différentes manières de procéder. — Outils. — Puits. — Bancs de roches. — Fondis.

Fouilles. — Couches successives. — Témoins. — Fouilles en puits. — Blindage des puits. — Treuil. — Fouilles en sous-œuvre. — Etayage. — Fouilles sous l'eau. — Batardeaux.

Fondations. — Basses fondations. — Charges que peuvent supporter avec sécurité différentes natures de sol. — Fondations sur terrains incompressibles. — Mauvais sol. — Puits bétonnés. — Fondations sur terrains compressibles. — Sur sables mobiles. — Sonnettes. — Pilotis. — Battage. — Refus. — Fondations sur la glaise. — Grillages. — Fondations dans l'eau. — Sous l'eau. — Emploi du sable pour fondements. — Procédé Dulac. — Empattements.

TERRASSEMENTS

On appelle *terrassement* ou simplement *terrasse* les mouvements de terre en déblai ou en remblai qui ont pour objet de modifier la configuration du sol.

Déblais. — Suivant la nature du sol, le plus ou moins de compacité qu'il offre, la fouille peut être faite à la pelle ou à la bêche sans qu'on soit obligé de piocher. C'est le cas pour la terre ordinaire, la vase, la tourbe, le sable et les pierrailles. Les déblais qui doivent être désagrégés à la pioche avant d'être chargés à la pelle en brouette ou tombereau sont : la terre franche, les cailloux roulés et agglomérés, l'argile, la glaise, la marne et le tuf ordinaire. Enfin les roches doivent, suivant leur dureté, être attaquées au moyen du pic, de la pince et de la mine.

Jet. — On appelle jet l'opération qui consiste à enlever à la pelle des terres meubles ou précédemment piochées. On distingue le *jet horizontal* dans lequel les terres sont simplement jetées à une certaine distance (environ 3 ou 4 mètres) ; le *jet sur berge* quand on rejette simplement la terre sur le bord de la fouille ; le *jet sur banquette*, qui devient nécessaire quand la fouille dépasse 2 mètres de profondeur. A Paris, à chaque $1^{m},80$ de hauteur de fouille, on compte un jet sur banquette, la profondeur est alors divisée en gradins ou tertres ou encore ces gradins sont, dans les fouilles étroites, remplacés par des échafaudages sur lesquels des ouvriers prennent la terre que ceux du fond leur ont envoyée et la jettent sur la berge. La distance des banquettes peut être portée à 2 mètres.

Fouille en déblai. — C'est une fouille à ciel ouvert qui s'exécute par couches successives. On a soin de ménager un plan incliné qui permet l'accès des tombereaux jusqu'au point le plus éloigné de la sortie, puis on achève le travail en creusant jusqu'à la profondeur voulue et on se rapproche successivement de la voie publique ou du commencement de la fouille.

Fouille en excavation ou fouille couverte, c'est-à-dire souterraine ou pratiquée horizontalement dans un massif. Cette fouille exige l'étaiement des terres au fur et à mesure que l'on avance ; on l'appelle aussi *fouille en galerie*.

Fouille en rigole. — Les rigoles, destinées à recevoir les basses fondations des constructions, sont de petites tranchées souvent trop étroites pour que les ouvriers y puissent travailler à l'aise ; quand elles sont profondes et que la terre n'est pas consistante, elles doivent être étayées ou étrésillonnées. Cette fouille se fait par couches de $0^{m},25$ à $0^{m},50$ de hauteur et l'ouvrier doit dresser soigneusement le fond et les côtés au fur et à mesure du travail. Le fond doit toujours être fortement pilonné.

Fouille en abatage. — On pratique des tranchées horizontales à la base, et à l'aide de coins en bois enfoncés à la partie supérieure on détache la masse, qui tombe, se brise, et dont les débris sont ensuite chargés au tombereau et enlevés.

Fouille en sous-œuvre. — Elle doit toujours être faite par petites parties, 1 mètre au plus et étayée au besoin. La reprise en maçonnerie doit être faite immédiatement et on ne doit continuer la fouille que lorsque la maçonnerie a remplacé le terrain enlevé.

Fouille de rochers. — Les rochers tendres, l'argile tenace, le calcaire des bancs de carrière et le gypse, toutes matières ne faisant pas feu au briquet, sont attaquées au *pic* et à la *pince ;* on peut aussi employer dans ce cas le procédé dit en *abatage*.

Les roches compactes et tenaces, tels que le marbre, le grès, le calcaire siliceux, le schiste, le granit, le basalte, etc., exigent l'emploi de poinçons, masses, coins, pinces, burins et enfin de la poudre ou de la dynamite.

Pour la mine on pratique dans le bloc à détacher des trous cylindriques de grosseur et longueur en rapport avec la masse qu'il s'agit de réduire (environ $0^{m},04$ de diamètre et 0,60 à 0,80 de longueur pour obtenir la désagrégation par petits blocs).

Remblais. — Les remblais bien faits doivent être exécutés par couches de $0^{m},20$ environ ; pilonnés ou comprimés au rouleau, ensuite ils sont arrosés fortement, puis on met une deuxième couche de même épaisseur qu'on pillonne et qu'on arrose, et ainsi de suite.

Si l'on doit ensuite charger les remblais, il convient de les arroser au refus, de les pilonner ensuite à nouveau, et d'employer des empattements très étendus.

Transport des terres ou déblais. — Le transport est fait au tombereau ; si on peut donner accès à ce véhicule, il est directement chargé ; à la brouette, pour être chargé au tombereau ensuite, si l'accès est impossible à ce dernier ; enfin au sac ou à la hotte jusqu'au tombereau si on ne peut employer la brouette, dans des travaux exécutés à l'intérieur d'une construction, par exemple.

Un tombereau à 1 cheval peut être chargé de $0^{m3},500$ à $0^{m3},700$.

Un tombereau à 2 chevaux peut être chargé de $1^{m3},200$ à $1^{m3},500$.

Une brouette peut contenir environ de $0^{m3},033$ à $0^{m3},050$.

Un homme peut porter à la hotte environ $0^{m3},030$.

Un homme peut jeter à la pelle en une heure, à 4 mètres de distance, $1^{m3},500$ de terre.

Un homme peut fouiller et jeter à la pelle, en une heure, à $1^{m},80$ de haut $0^{m3},750$ de terre.

FOISONNEMENT DES DÉBLAIS DE DIVERSES NATURES

NATURE DES TERRAINS	UN MÈTRE CUBE AU DÉBLAI sans compression mesuré 5 jours après la fouille.	UN MÈTRE CUBE AU DÉBLAI comprimé au maximum avec le pilon ou à l'eau.
	mètres cubes.	mètres cubes.
Terre végétale (alluvions, sables, etc.) .	1,40	1,05
Terre franche très grasse.	1,20	1,07
Terre marneuse et argileuse moyennement compacte.	1,50	1,30
Terre marneuse et argileuse très compacte et très dure.	1,70	1,40
Terre crayeuse	1,20	1,10
Tuf dur ou moyennement dur.	1,55	1,30
Roc à la mine réduit en moellons. . . .	1,66	1,40

NATURE ET QUALITÉ DU SOL

Il est fort rare qu'un bâtiment s'effondre par suite d'écrasement des matériaux qui le composent, mais par contre les accidents causés par des fondations défectueuses sont très fréquents.

Nous ne saurions donc trop engager nos lecteurs à soigner particulièrement cette partie essentielle des constructions, par une étude préalable et approfondie du sol, par un choix judicieux des matériaux et par le soin apporté à la mise en œuvre. Aux termes de la loi, les architectes et les entrepreneurs sont responsables des vices du sol qui porte les ouvrages, ainsi que de toutes les conséquences des mauvaises fondations.

Le constructeur rencontre, dans les fouilles que nécessitent les constructions, des sols de qualités variables sous le rapport de la composition, de la résistance, de l'épaisseur des couches géologiques et des eaux qui peuvent être rencontrées. Il doit donc, tenant compte du poids de l'édifice qu'il veut construire, se préoccuper de la répartition des charges et mettre ces

dernières en rapport avec le degré de compressibilité du terrain.

Considérés sous le point de vue de l'établissement des fondations, on range les terrains en deux catégories : les terrains *incompressibles* et les terrains *compressibles* (vase, tourbe, terre végétale). Les premiers présentent deux espèces différentes : les terrains *incompressibles* et *inaffouillables* (roches, pierres) ; et les terrains *incompressibles* et *affouillables* (sable, gravier, cailloux, argile compacte, etc.).

Terrains de roches. — Les terrains dénommés, *incompressibles*, sont : les calcaires, les schistes et les rocs.

Sur ces terrains, — après s'être assuré que l'épaisseur du banc répond à l'importance de l'édifice, car on peut trouver au-dessous un sol compressible, — on peut s'appuyer directement sur le sol en prenant seulement la précaution de le niveler au droit de la fondation. Cependant, il est toujours préférable de pénétrer légèrement dans le sol, ce qui empêche tout glissement et évite le déchaussement des murs si l'on fait certains travaux en contre-bas du sol des caves. Les murs construits sur ces sols ne nécessitent pas d'empattement (fig. 1).

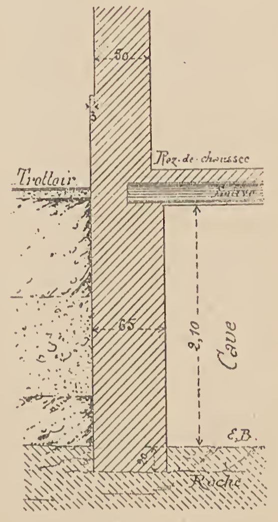


Fig. 1.
Fondation sans empattement.

La charge qu'on peut faire supporter à ces terrains est presque illimitée ; en tablant sur une résistance de 20 kilogrammes par centimètre carré, on arrive à 200.000 kilogrammes pouvant reposer avec sécurité sur 1 mètre carré de sol incompressible.

Pour une construction importante il faut toujours descendre jusqu'au banc rocheux, — si on le trouve. — S'il se trouve à une trop grande profondeur, on procède par piliers, comme nous le verrons plus loin. Si enfin on ne peut l'atteindre, on a recours aux pilotis, grillages, etc., que nous examinons ci-après.

Terrains graveleux. — Les terrains graveleux sont *incompressibles* et *affouillables*, composés de cailloux, de gravier et

de sable ; quelquefois ces trois éléments sont agglomérés par une sorte de limon qui en fait un véritable béton. D'autres fois, s'ils sont composés de parties menues et mouillées, ils n'offrent aucune consistance.

Consistants, ces terrains peuvent supporter avec sécurité jusqu'à 5 kilogrammes par centimètre carré, ou 50.000 kilogrammes par mètre carré.

Terrains sablonneux. — *Incompressibles et affouillables.* — Le sable provient de la désagrégation des roches granitiques, des grès, des calcaires arénacés. Cette désagrégation se produit spontanément ou sous l'action mécanique des eaux sur les dépôts diluviens et les débris de toute nature qu'elles véhiculent.

Les terrains sablonneux sont incompressibles s'ils sont en grandes masses ou s'ils sont encaissés, car autrement ils n'offrent aucune cohésion, et chaque grain glissant sur l'autre, s'il y a pression, la masse entière se déformerait. Ces terrains arrosés au refus et pilonnés peuvent être chargés à 2 kilogrammes par centimètre carré ou 20 000 kilogrammes par mètre superficiel.

Quand les terrains sablonneux sont imbibés d'eau, on les appelle *sables mouvants* et *sables bouillants* ; ils n'offrent aucune consistance.

Ces sables sont imprégnés d'eau due à des couches d'argile tout à fait imperméables. Le fond de la couche de sable se trouve ainsi constamment délayé et forme avec l'argile une sorte de vase qui se meut sous les moindres pressions.

On ne peut construire sur ces terrains qu'après les avoir rendus solides au moyen de pilotis et de palplanches.

Terrains argileux. — *Compressibles*, et souvent dangereux pour le constructeur. L'argile est une substance minérale composée de silice, d'alumine et d'eau et provient de la décomposition des granits, des gneiss et des porphyres. L'argile pure ou kaolin est toujours accompagnée en différentes proportions de matières étrangères : sable, oxydes de fer, carbonate de chaux, etc., et devient ainsi *terre glaise*.

L'eau influe considérablement sur les qualités de cette nature de terrain.

Les terrains argileux secs ou peu humectés sont presque toujours durs et résistants. Ils varient ensuite de cet état à celui de boue, suivant qu'ils sont plus ou moins chargés d'eau. Une forte pluie suffit parfois pour, de l'état solide, les faire passer à l'état plastique, au moins sur une certaine épaisseur. Il ne

faut jamais construire sur l'argile susceptible d'être mouillée par des eaux quelconques.

Terrains limoneux et marneux. — Plus mauvais encore que les terrains argileux, ils sont ordinairement formés d'argile et de marne ou argile calcaire. Toujours imprégnés d'eau, ils sont très mauvais pour construire et on ne peut trouver quelque sécurité, même pour des constructions peu lourdes, qu'en donnant aux fondations un empattement considérable.

En résumé, en dehors de l'examen et de l'étude du terrain qu'on doit faire avant de commencer une construction même peu importante, on peut considérer d'une manière générale comme bon sol : les terrains *de rochers*, *de tuf*, *de schistes*, *graveleux*, *sablonneux* (*encaissés*), *argileux* (secs et vierges) : et comme mauvais sol : *les sables mouvants* et bouillants, les terrains *marneux*, *argileux*, *tourbeux ;* les terres rapportées, les remblais. Nous devons y ajouter encore les terrains situés sur carrières comme les terrains de Paris situés au-dessus des catacombes et qui nécessitent presque toujours des substructions de consolidation.

CONNAISSANCE DU SOL

Dans les constructions de peu d'importance, c'est-à-dire ne devant pas charger lourdement le sol, le constructeur pourra ne pas pratiquer de sondages proprement dits ; il fera faire d'abord un puits si la propriété le comporte, la fouille ou une partie seulement pour se rendre compte de la nature du sol et juger de la qualité, c'est-à-dire de la dureté et de la cohérence : 1° par la résistance opposée à la pelle ou à la pioche ; 2° par le battage au moyen d'un instrument lourd, le son et le degré de dépression du sol lui seront un utile renseignement ; enfin, certains constructeurs estiment la résistance du sol en faisant enfoncer un pieu en fer ou un bois garni de fer.

En dehors de la terre végétale, des marnes et des tourbes faciles à reconnaître aussitôt le terrain entamé et qui sont défectueuses pour faire de bonnes fondations, on peut considérer comme bon sol en général tout sol solide et dur dont les couches inférieures sont rapprochées de l'horizontale, et où nulle filtration ne vient amener les eaux.

SONDAGES

La première opération à faire, avons-nous dit, est le sondage des terrains.

On y procède de différentes façons :

En s'informant auprès des constructeurs du voisinage, on peut parfois éviter tout travail ;

En creusant un puits qui fournira au besoin l'eau nécessaire à la construction ;

En se servant de la sonde, instrument destiné à forer, dans des terrains quelconques, des trous d'un faible diamètre (fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7), et qui descendent parfois jusqu'à 200 mètres de profondeur, comme dans les forages de puits artésiens par exemple.



Fig. 2. — Appareil de sondage.

En construction on trouve le bon sol à des profondeurs moins grandes, heureusement, aussi, étant donné qu'on recherche simplement un sol solide, il est préférable de faire simplement un certain nombre de puits ou trous, disposés de manière à être utilisés en faisant la fouille.

Arrivé au sol résistant, on devra toujours s'assurer de l'épaisseur du banc de manière à se rendre compte s'il n'y a pas au-dessous une couche compressible, de l'eau, ou même une cavité ou fondis (éboulement qui se produit dans le sol, dans une carrière ou sous un banc rocheux et auquel on donne encore le nom de cloche). On pourra pour cette opération employer la tarière.

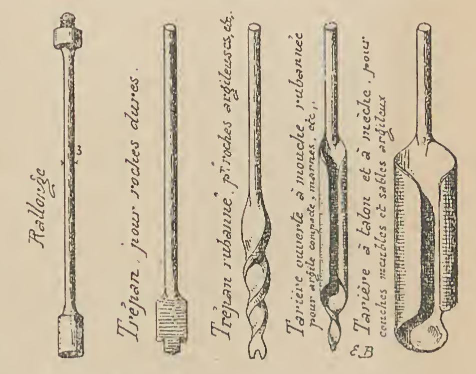


Fig. 3, 4, 5, 6, 7. — Outils pour sondages.

FOUILLES

Les fouilles se font par couches successives de $0^{m},40$ environ

de profondeur ; parfois on procède par une attaque de toutes les terres jusqu'au niveau du chemin et de niveau, puis du fond, au niveau des caves en conservant un plan incliné pour permettre l'accès des tombereaux. Dans les fouilles importantes, on réserve aux endroits indiqués par la conformation du sol, des *témoins*, petites éminences de terre en forme de pyramide tronquée ou de cylindre, qui servent à constater l'ancienne configuration du terrain avant commencement de la fouille.

Quand la fouille est exécutée, le sol des caves atteint et nivelé, on trace l'emplacement des tranchées destinées à recevoir la fondation des murs. Ces tranchées prennent le nom de rigoles. Les rigoles doivent être soigneusement dressées et pilonnées. Les fouilles en excavation ou en rigoles profondes sont très dangereuses quand elles sont faites dans des terrains ébouleux; on devra donc, après examen, employer les moyens de consolidations indispensables pour assurer la sécurité des ouvriers.

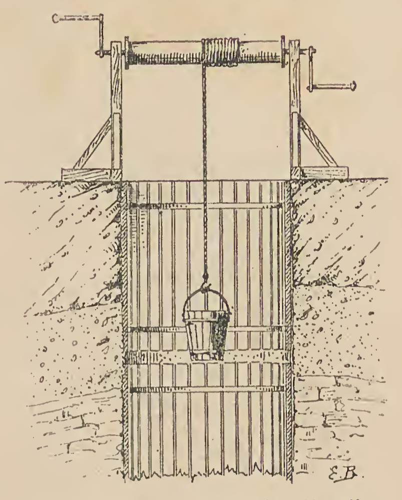


Fig. 8. — Fouille en puits. Treuil.

La *fouille en puits* est faite par des ouvriers spéciaux. On fait un trou circulaire assez grand pour permettre à un homme de travailler dans le fond, d'y manier la pioche et la pelle, soit environ 1^{m},30.

Descendu à une certaine profondeur, si le sol est bon, immédiatement si le sol est mauvais, le puisatier, au moyen de planches de 2 mètres de longueur, établit un blindage que viennent maintenir trois cercles en fer extensibles, et que l'ouvrier développe et serre au moyen de coins. Dans les terrains très ébouleux il se sert de blindage n'ayant qu'un mètre de longueur, parce que le terrain ne se tiendrait pas sur une hauteur de 2 mètres.

L'extraction est faite au moyen d'un treuil et les déblais sont remontés dans un seau (fig. 8).

La *fouille en sous-œuvre*, que le constructeur est souvent appelé à pratiquer, est d'une exécution assez délicate et

demande toujours beaucoup de prudence. Ce genre de fouille se fait quand on doit construire à une profondeur plus grande que le bâtiment contigu existant déjà. Il faut naturellement descendre ce mur au même niveau que ceux constituant la construction nouvelle.

Dans les constructions ordinaires on peut ne pas avoir recours aux étayages en charpente qui sont indispensables quand les poids des maçonneries devant rester suspendues sont considérables ou qu'on se trouve sous certains points d'appui essentiels, une quille en pierre par exemple. Mais dans les travaux courants on compte sur la cohésion acquise par la maçonnerie composant le mur à reprendre, on procède en fouillant sous le mur sur une longueur d'un mètre et l'on construit aus-

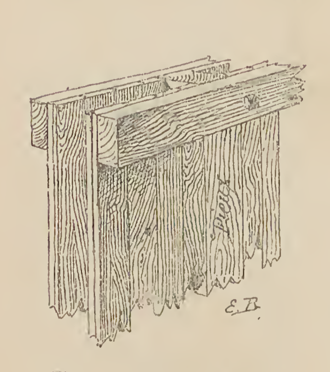


Fig. 9. — Palplanches.

Fig. 10. — Batardeau.

sitôt ; l'on fait une autre reprise d'un mètre, autant que possible loin du point déjà repris, de manière à ce que le mortier présente déjà une assez grande consistance quand la maçonnerie sera soumise à la charge du mur, car il pourrait alors se produire un tassement qui amènerait des accidents dans la construction voisine, changements de niveau, lézardes, crevasses, etc.

La *fouille dans l'eau et sous l'eau* se fait au moyen de la drague. Elle se pratique soit dans les terrains qu'on ne peut mettre à sec, soit sous l'eau. Le dragage fait, on plante deux files de pieux l'une parallèle à l'autre, placées à la distance déterminée par la forme et les dimensions de la maçonnerie à faire. Le long de ces pieux on enfonce des files de palplanches formant une double paroi (fig. 9), qui fait coffre, et que l'on remplit avec de la terre glaise ou toute autre matière plastique propre à empêcher le passage de l'eau. Cette terre grasse est posée par couches de $0^{m},35$ environ et doit être très fortemen

pilonnée. On fait aussi des palplanches formées d'une paroi simple et disposées comme le montre le croquis ci-contre.

Ces opérations, dans leur ensemble, constituent le *batardeau* (fig. 10). Dans les travaux en rivière, l'écartement des parois étanches est déterminé par la force du courant, autrement il suffit de l'emplacement de la maçonnerie plus le passage nécessaire aux ouvriers. Quand le batardeau est terminé, on épuise l'intérieur au moyen de pompes et la fouille est faite ensuite à la profondeur voulue.

FONDATIONS

Les *murs* d'un édifice sont déterminés comme matériaux et épaisseurs en faisant l'étude du projet et suivant l'importance de la construction et les charges à porter.

Les *basses fondations*, celles qui sont directement en contact avec le sol, sont déterminées par le poids à répartir et par la qualité du sol.

TABLEAU DES PRESSIONS MAXIMA

que peuvent supporter avec sécurité les substances ci-dessous.

(D'après J. DUBOSQUE, *Murs de soutènement.*)

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES LES PLUS USUELLES	POIDS du mètre cube.	LIMITE de la charge permanente par centimètre carré.
	kilogr	kilogr.
Eau. (Un corps plongé dans l'eau y perd 1 000 kilogrammes de son poids par mètre cube noyé.) . . .	1 000	»
Vase. (Un corps plongé dans la vase y perd de 1 600 à 1 800 kilogrammes de son poids par mètre cube noyé.)	1 600 à 1 800	»
Terre végétale moyenne (après consolidation par pilonnage de sable inondé à refus).	1 200 à 1 600	2
Terre avec sable, décombres, graviers (après consolidation par pilonnage de sable inondé de refus).	1 600 à 1 800	2
Schiste siliceux, calcaire, etc., indélayable.	1 800 à 2 000	4
Terre argileuse, delayable en bouillie à l'état sec (à l'état de bouillie cette cette terre ne peut rien supporter).	1 800 à 2 000	4
Sable moyen humide ou gravier indélayable et incompressible (encaissé)	1 800	6

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES LES PLUS USUELLES	POIDS du mètre cube.	LIMITE de la charge permanente par centimètre carré.
(D'après M. T. Seyrig, *statique graphique*.)		
	kilogr.	kilogr.
Marne	1 570 à 1 640	»
Argile saturée d'eau	1 650 à 1 900	»
Argile sèche	1 500 à 1 600	6
Glaise humide	1 600 à 2 000	»
Terre forte	1 200 à 1 400	»
Terre végétale	1 000 à 1 300	1
Terre humide	1 600 à 2 000	»
Gravier, cailloutis	1 350 à 1 500	4 à 6
Gravier terreux	1 900	2 à 5
Sable fin et sec	1 400 à 1 600	2 à 6
Sable humide	1 900 à 2 000	2 à 6
Vase	1 650	»
Macadam de porphyre ou granit	1 800 à 2 000	»
Macadam de pierre calcaire	1 500 à 1 800	»

Charges que peut supporter le sol. — La terre, comme toute autre matière, peut être soumise à un effort de compression qui varie suivant la nature du terrain depuis le roc le plus dur jusqu'aux marnes presque liquides.

La résistance du sol est extrêmement variable et nous conseillerons toujours de l'expérimenter plutôt que de classer un terrain dans une catégorie déjà éprouvée, mais qui, en réalité, peut ne présenter qu'une trompeuse analogie avec le terrain sur lequel on doit construire.

Il est d'ailleurs très simple de faire soi-même l'expérience nécessaire pour se rendre compte de ce qu'un sol peut porter par centimètre carré.

Sur le sol paraissant bon, la terre végétale étant enlevée et le fond légèrement battu, on dispose une sorte de table dont les quatre pieds, longs d'environ $0^m,50$, auront chacun une section connue de $0^m,10$ ou $0^m,20$ de côté, par exemple, puis on charge le plateau jusqu'à ce que les pieds s'enfoncent légèrement, c'est la limite de résistance.

Supposons, pour donner un exemple, qu'on a à supporter une construction dont le poids total donnera, réparti par mètre carré de fondation, une charge de 40 000 kilogrammes.

Supposons maintenant que nous avons donné aux pieds portant le plateau d'expérience $0,20 \times 0,20$, ce qui fait : $0,20 \times 0,20 = 400$ centimètres carrés $\times 4 = 1\,600$ centimètres

carrés et que le terrain a cédé sous une charge de 20 000 kilogrammes, soit 12^{kg},500 par centimètre carré.

Or, il est prudent de ne charger un sol qu'au 1/10e du poids qui a déterminé la dépression, ce qui nous donne donc seulement 1^{kg},250 par centimètre carré, tandis qu'il nous faudrait trouver 4 kilogrammes.

Nous n'avons alors que deux moyens de satisfaire aux données, aller au bon sol, c'est-à-dire à une couche pouvant supporter la pression, ou augmenter l'empattement de manière à trouver une répartition par centimètre carré égale à 1^{kg},250.

Soit : tablant sur un mètre de longueur, il faudra donner à basse fondation un empattement équivalent à $\frac{40\,000}{1\,250} = 32\,000$ centimètres carrés ou $1^{m} \times 3^{m},20$ que l'on devrait établir suivant le croquis (fig. 11).

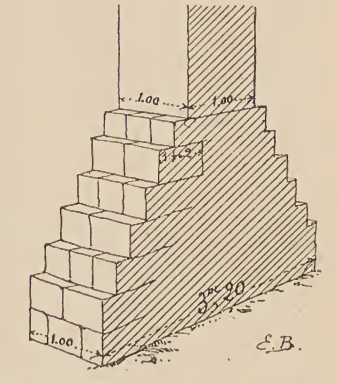


Fig. 11. — Empattement à gradins.

Cet exemple, dans lequel nous avons exagéré le poids à porter d'une part, et, de l'autre, la mauvaise qualité du terrain, est pour démontrer cette vérité, qu'on peut construire sur un terrain quelconque, même marneux, et qu'il suffit de mettre la surface d'assiette en rapport parfait avec la qualité du sol.

Fondations sur terrains incompressibles. — Quand on a affaire à un sol de roche ou de tuf, il est inutile de donner

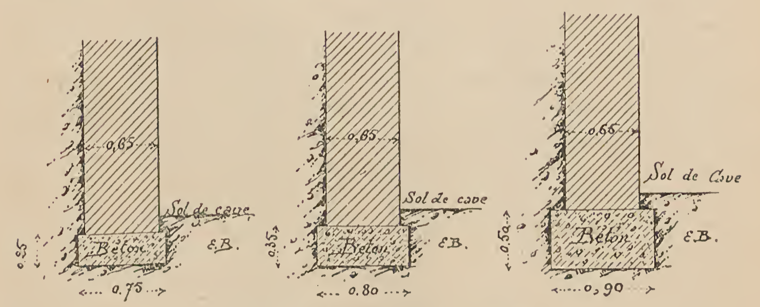


Fig. 12, 13, 14. — Empattements.

de l'empattement aux murs ; on pourrait même négliger de faire des rigoles, mais elles ont cet avantage d'éviter le déchausse-

ment des murs au cas où l'on ferait certains travaux dans les caves, et de plus de rendre plus difficiles tous mouvements ou glissements qu'une cause quelconque pourrait produire. Dans les constructions courantes de maisons on donne ordinairement $0^m,65$ d'épaisseur aux murs principaux. Le plus ou moins d'empattement varie avec la qualité du sol (fig. 12, 13, 14).

Les rigoles, quand il y en a, peuvent être remplies en béton, par couche de $0^m,20$ et bien pilonné. En dehors de l'économie résultant de l'emploi du béton, nous le croyons encore recommandable à ce point de vue qu'il se moule dans la rigole et en épouse toutes les formes, remplit toutes les cavités, et, bien

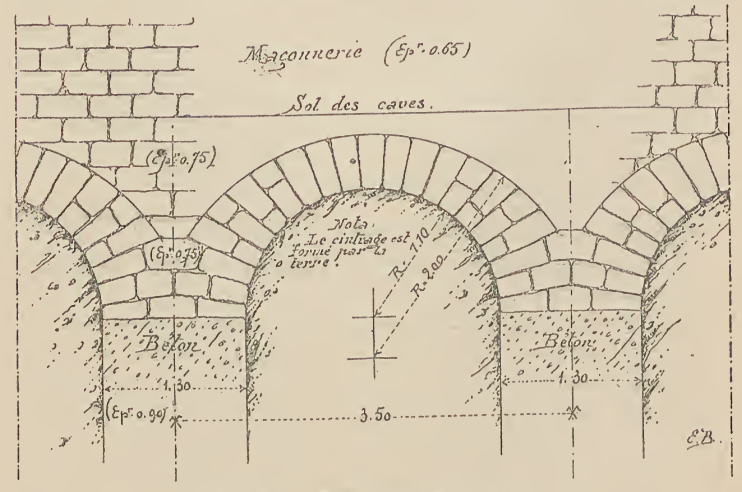


Fig. 15. — Fondations sur puits.

encaissé, répartit les charges mieux qu'une maçonnerie qui, à moins de soins particuliers, laisse toujours à désirer.

Les murs de fondation, quels que soient les matériaux employés, doivent toujours être hourdés en mortiers hydrauliques.

Les terrains suffisamment résistants pour supporter de grandes charges ne se trouvent pas toujours à fleur du sol et dans des cas nombreux on devrait descendre les fondations en rigoles à des profondeurs qui peuvent être considérables (quelquefois même on doit renoncer à trouver le bon sol). On a alors recours à la fondation dite : *sur puits*. Il faut déterminer d'après le plan les points les plus chargés, et en espaçant de 3 à 4 mètres d'axe en axe on creuse des puits qui descendent jusqu'au bon sol ou roche en ayant soin de pénétrer dans la masse de $0^m,30$ à $0^m,50$ environ. Ces puits sont rectangulaires

ou ronds ; nous avons plus haut indiqué la dimension minimum permettant à un homme de travailler, mais il est clair que la section de ces puits variera avec leur nombre et la charge à porter.

Dans les constructions ordinaires, le diamètre des puits varie de 1m,20 à 1m,30. Ceux d'angles ont ordinairement 1m,40. Les puits non cylindriques peuvent être rectangulaires, comme nous l'indiquons ci-dessus, ou carrés. Ils doivent être placés sous les points les plus chargés : aux angles du bâtiment, sous les trumeaux, et aux intersections des divers murs.

Les puits une fois foncés, on les remplit de béton, fortement

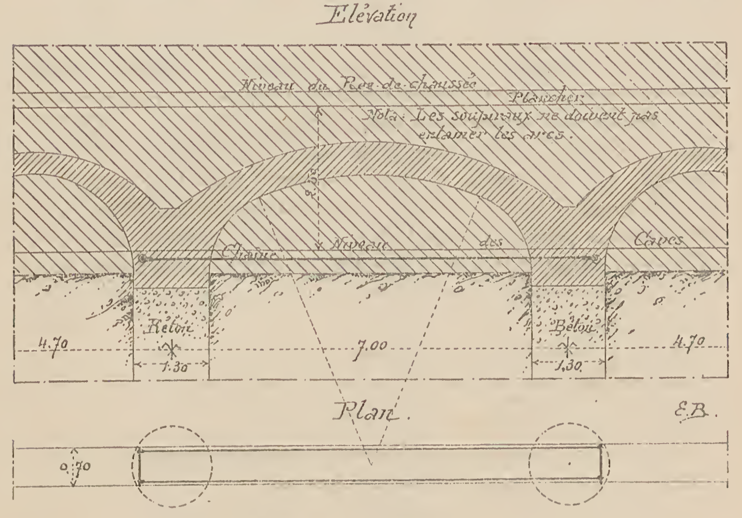


Fig. 16 et 17. — Fondations sur puits.

pilonné par couches de 0m,20 à 0m,30 d'épaisseur jusqu'à une hauteur qui est déterminée par la flèche des arcs qui réuniront ces puits entre eux, porteront la maçonnerie dont le poids sera ainsi reporté sur les puits, sorte de grandes colonnes invisibles supportant l'édifice (fig. 15).

Pour exécuter ces arcs, on taille en forme de cintre le terrain dans les intervalles des puits successifs ; on arrose et on pilonne, puis on exécute les petites voûtes avec soin et en bons matériaux résistants.

Quand les puits se trouvent très espacés et que les arcs s'éloignent davantage du plein cintre, il devient nécessaire de les chaîner au niveau de la naissance des arcs de manière à compenser les poussées qui peuvent être considérables (fig. 16 et 17).

Fondations sur terrains compressibles. — On augmente considérablement la résistance d'un terrain en l'arrosant et en le pilonnant fortement. C'est par les pluies successives et par un tassement lent que les terrains de remblai acquièrent une certaine consistance. Le moyen de battre le sol est souvent préférable et moins coûteux que le pilotage, dit Rondelet, parce que le resserrement que produit d'abord ce dernier moyen occasionne un frottement si considérable, qu'il s'oppose à l'enfoncement des pilots, de manière qu'ils ne cèdent plus au choc du mouton, quoiqu'ils n'aient pas atteint le bon sol. Ce resserrement soulève pour ainsi dire l'épaisseur de terre dans laquelle on enfonce les pieux en buttant contre les terres voisines ; mais ces terres venant à céder à la longue, la couche soulevée s'abaisse sous l'effort continuel de la charge, et occasionne des tassements dont on est surpris, surtout lorsqu'on a pris toutes les précautions nécessaires pour faire ce pilotage selon l'usage adopté. Au contraire, il faut observer que le battage d'un terrain compressible et de la maçonnerie des fondements établis dessus (béton pilonné par exemple) effectue d'avance le tassement dont ils sont susceptibles, et les rend assez fermes pour résister à la charge qu'ils doivent supporter, sans crainte de réaction.

Cependant la compression du sol ne peut s'effectuer que si le sous-sol est d'une nature uniforme ; dans ce cas, elle s'obtient par chargement, par battage ou damage.

P charge en kilogrammes que 1^{m2} de terrain comprimé peut porter;
G le poids du mouton en kilogrammes;
c coefficient dépendant de la hauteur de chute h (en m).

On a :

$$P = 9{,}5\ Gc.$$

TABLEAU DONNANT LA VALEUR DE c POUR LES DIFFÉRENTES VALEURS DE h

h en mètres.	c	h en mètres.	c	h en mètres.	c
0.32	11;47	2,60	32,37	4,87	44,30
0,65	16.20	2,92	34,34	5.20	45.76
0,97	19,82	3.25	36,49	5,52	47.17
1,30	22,90	3.57	37,96	5,85	48.53
1,62	25,59	3.90	39.63	6.17	49.86
1,95	28,02	4.22	41.25	6,50	51.15
2,27	30,28	4,55	42.80	7,80	56.03

Sur les *sables mobiles*, on ne peut construire qu'après les avoir enfermés au moyen de pilotis et de palplanches, en ayant soin d'enfoncer assez profondément pour que les mouvements ne puissent se faire au-dessous de la barrière protectrice. Pour fonder sur ce sol, il faut sur toute la surface renfermée par les pieux et palplanches faire un véritable mur horizontal par une forte couche de béton ou par blocage à bain de mortier.

Lorsqu'on a affaire à des terrains noyés qui le seront toujours, et que d'ailleurs le bon sol est à une grande profondeur, on peut être amené à fonder sur *pilotis*. La fondation sur pieux est possible parce que les bois se conservent indéfiniment lorsqu'ils sont immergés et toujours en contact avec l'eau.

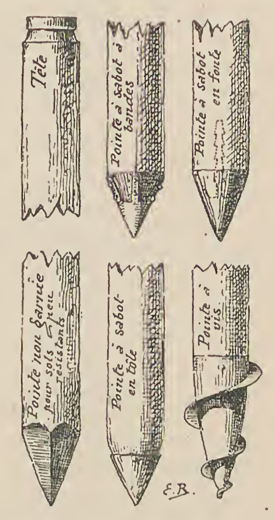


Fig. 18, 19, 20, 21, 22, 23. — Pilots.

Pour faire un pilot, on prend un arbre bien droit et de fil, de 0m,20 à 0m,30 de diamètre que l'on appointit et que l'on ferre à l'une de ses extrémités par une pointe destinée à assurer l'enfonçage, tandis que la tête est garnie d'un cercle en fer pour empêcher le bois d'éclater sous le choc répété du mouton destiné à l'enfoncer (fig. 18, 19, 20, 21, 22, 23). Le pieu est enfoncé dans le sol au moyen du mouton, masse de métal manœuvrée par un appareil de battage appelé *sonnette* parce qu'en effet cet instrument a quelque ressemblance avec la vulgaire sonnette ; au moins la sonnette à *tiraudes*, qui outre sa charpente, comprend un *mouton* suspendu sur une poulie par un cordage. L'extrémité de ce cordage est attachée à un faisceau de cordes sur chacune desquelles des hommes tirent ensemble et lèvent le mouton, qu'ils laissent ensuite retomber en laissant libres tous en même temps les cordes (fig. 24, 25, 26).

La sonnette à tiraudes donne forcément au mouton une très faible course ; aussi on a bientôt employé la sonnette à déclic. Ici la hauteur de chute du mouton est pour ainsi dire illimitée, la corde s'enroule sur un treuil, enlève le mouton qui est décroché de la corde au moyen d'un déclic et qui tombe sur la tête du pilot (fig. 27, 28). On emploie aussi des sonnettes à vapeur également à déclic où le moteur seul est différent. Nous avons nous-même imaginé un système de sonnette qui évite après chaque coup la descente de la pince pour reprendre le

Fig. 24, 25, 26. — Sonnette à tirandes.

mouton ; toute la différence est dans le treuil que la manivelle abandonne au moyen d'un embrayage à noix, et qui laisse tomber le mouton sans déclic. On comprend que l'ouvrier n'a rien à rattacher et qu'il lui suffit de remonter le mouton en tournant simplement la manivelle.

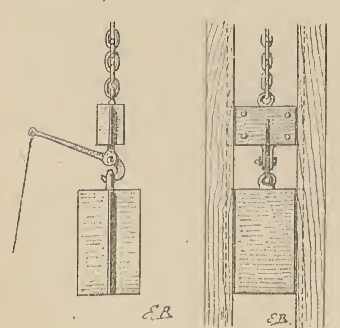


Fig. 27, 28. — Déclic.

« Un autre moyen, dit M. Denfer, que l'on a employé avec succès pour enfoncer des pieux dans un sable compact, consiste à munir l'extrémité du pieu d'un tuyau mince débitant de l'eau forcée par des pompes foulantes. Le sable est déplacé cons-

tamment devant la pointe du pieu, en sorte que celui-ci, chargé convenablement, s'enfonce d'une façon continue, généralement sans battage, sous le poids statique du mouton. »

Les pilotis s'emploient, lorsqu'on veut atteindre les terrains incompressibles, en évitant des déblais considérables, soit lorsqu'on veut fonder sur des terrains compressibles qu'il faut affermir.

Les bois les plus propres à faire des pilotis sont : le *chêne*, le *hêtre*, l'*aune*, le *pin*, le *sapin*, le *mélèze* et le *noyer*.

Les pilotis destinés à former assise solide à une construction sont enfoncés en quinconce et écartés de $0^{m},80$ à $1^{m},20$, suivant leur diamètre et la charge qu'ils doivent supporter. Ils doivent être battus au *refus*, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'ils ne s'enfoncent plus, ce qui arrive quand la partie inférieure est arrivée au sol incompressible. Dans les terrains sablonneux ou graveleux l'enfoncement ne se fait qu'avec une difficulté croissante. Dans ce cas, l'expérience indique qu'un pilot qui ne s'enfonce plus que de $0^{m},03$ environ par volée de dix coups de mouton du poids de 600 kilogrammes élevé à $3^{m},60$ de hauteur, ou de $0^{m},01$ par volée de trente coups d'un mouton de même poids, ayant seulement $1^{m},20$ de course, peut supporter 25 000 kilogrammes. On peut donc, si cette résistance est considérée comme suffisante, étant donné le poids de la construction, s'arrêter, et considérer ce faible enfoncement comme un refus. Dans ces terrains bons généralement, nous conseillons plutôt d'inonder les tranchées, de battre fortement le sol et de donner un large empattement.

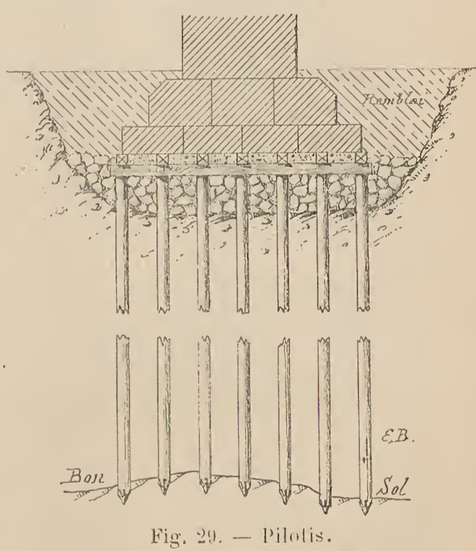


Fig. 29. — Pilotis.

Les pieux une fois battus, on procède au *recepage*, opération qui consiste à les couper à la hauteur voulue : puis retirant la terre remuée dans les intervalles des pilots, on remplit ces vides par une bonne maçonnerie hydraulique qui maintient l'écartement des pilots et augmente le frottement qui s'oppose

à l'enfonçage ; ensuite, bois, maçonneries et terres nivelés et battus, on pose sur les têtes un grillage en charpente surmonté d'une plate-forme en madriers, sur laquelle doit reposer la construction (fig. 29).

Pour fonder sur pilotis dans des terrains compressibles, il faut appliquer le système à une surface plus étendue que celle que doit occuper la construction. On doit de plus, quand les pieux sont très distants, commencer le battage par les rangées extérieures de manière à bien comprimer le massif servant de base à l'édifice. Dans les autres cas, il faut commencer par le centre parce que le terrain trop comprimé rendrait l'enfonçage difficile et l'on n'obtiendrait ainsi qu'un refus relatif et non un refus absolu.

Le refus *absolu* est celui qui résulte de la résistance naturelle du terrain ; le refus *relatif* est celui qui n'est dû qu'au frottement qui résulte de la compression du sol par l'effet du battage des pieux, ou, si l'on préfère, par le déplacement de la quantité de terre dont la place est occupée par le pieu.

On considère un pieu comme parvenu au refus absolu lorsqu'il ne s'enfonce plus que de 0m,002 à 0m,004 par volée de trente coups sous l'action d'un mouton de 4 à 500 kilogrammes et tombant d'une hauteur de 1m,30, ou par volée de dix coups sous l'action du même mouton ayant 3m,90 de course.

De ce qu'un pieu ne s'enfonce plus, il ne faut pas toujours conclure qu'on est arrivé au refus, il faut cesser provisoirement le battage et le reprendre quelques jours après ; le terrain trop fortement comprimé a transmis sa compression à une certaine distance et le pieu peut alors s'enfoncer de nouveau.

On admet qu'un pieu en chêne ou sapin est en état de supporter une charge permanente de 60 kilogrammes par centimètre carré, quand l'enfoncement n'est plus de 0m,01 par volée de trente coups d'un mouton pesant 600 kilogrammes et tombant de 1m,20 de hauteur, ou par volée de dix coups d'un mouton du même poids tombant de 3m,60 de haut. Si la charge que doivent porter les pieux ne dépasse pas 15 à 20 kilogrammes par centimètre carré, on peut s'en tenir à un refus d'environ 0m,03 par volée.

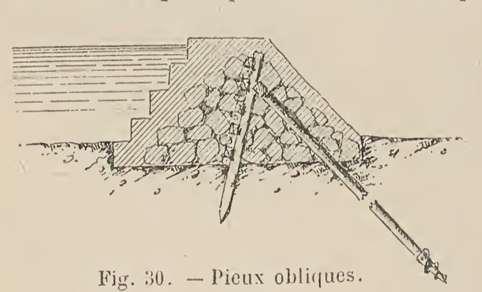


Fig. 30. — Pieux obliques.

Nous devons aussi signaler l'emploi des pieux à vis (voir fig. 23), qui offrent dans certains terrains de grands avantages. Ils évitent l'ébranlement du sol et présentent une grande résistance à l'arrachement, ce qui peut être précieux en certains cas; on peut, de plus, les enfoncer obliquement, c'est-à-dire inclinés sur l'horizon, ce qui se pratique dans certains travaux maritimes ; il résulte de cette manière d'enfonçage oblique une sorte de triangulation très favorable dans les travaux où l'on doit compter avec des efforts latéraux, poussées de vents ou d'eau (fig. 30).

Le rayon d'enroulement, le pas et le nombre des spires se déterminent d'après la nature du sol ; on emploie à peu près les dimensions suivantes :

NATURE DU SOL	DIAMÈTRE maximum.	PAS
	mètres.	
Mou.	1,00	0.25 à 0,30
Très ferme	0.60	0,20 à 0.30

Les fondations sur pilotis et grillage s'emploient aussi dans les travaux sous l'eau. Le travail se fait dans un batardeau et les intervalles entre pieux sont garnis d'enrochements ou mieux encore de béton.

Fondations sur la glaise. — L'expérience a fait connaître qu'il est dangereux de creuser ou de piloter sur la glaise, et qu'on pouvait établir dessus, d'une manière solide, les fondements d'un édifice, en y posant un grillage de charpente recouvert de plates-formes (fig. 31, 32).

En employant le grillage, on peut fonder sur l'argile, sur la tourbe, et même sur les terrains marneux. Il y a lieu toutefois de se préoccuper si le terrain offre partout la même consistance, de manière à ce que le tassement, s'il s'en produit, soit uniforme et ne tende pas, par un affaissement partiel, à déformer la construction.

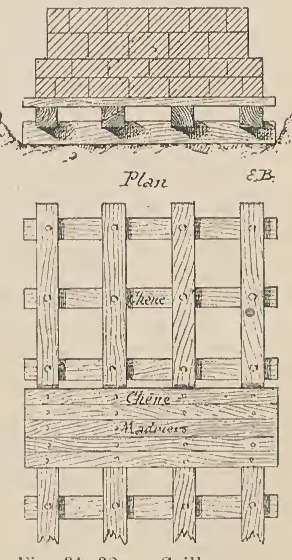


Fig. 31, 32. — Grillage.

En tous cas, comme il est impossible d'arriver à une répartition exacte des charges permanentes et qu'a plus forte raison les surcharges et les charges accidentelles ne peuvent non plus être réparties, il faut donc donner à la charpente une structure robuste répondant à toutes les éventualités et chaîner avec soin les constructions élevées dessus.

Le grillage sur le sol doit être fait sur toute la surface, de manière à assurer la plus complète répartition possible ; cependant, par raison d'économie, on peut ne le faire que sous les murs, mais en lui donnant une grande largeur correspondant au poids à porter,

Ce grillage se fait au moyen de sablières ou *racinaux* espacés de $0^{m},80$ à $1^{m},20$ d'axe en axe.

Les espaces sont remplis en terre de même nature bien pilonnée, puis on pose transversalement, et à même distance les unes des autres, un second rang de traverses que l'on fixe aux premières par des chevilles ou de grands clous, puis on remplit les intervalles, en terre pilonnée fortement.

Sur le grillage ainsi obtenu, on cloue une plate-forme en madriers de chêne. C'est sur cette plate-forme que sera assise la construction.

Les grillages en charpente n'ont de durée qu'autant qu'ils sont employés sous l'eau ou dans un sol humide ; alternativement noyés et séchés, ils se pourriraient promptement, s'écraseraient inégalement sous le poids de la construction et causeraient d'aussi graves désordres qu'un affaissement du sol proprement dit.

Fondations dans l'eau. — Si le terrain est suffisamment ferme, on peut le circonscrire par un batardeau et procéder pour plus de prudence par petites parties. Si le sol est à moitié liquide, on peut employer les procédés ci-après.

Fondations sous l'eau. — Lorsqu'on doit faire un travail dans l'eau, il faut arriver à mettre à sec l'endroit où doit se faire ce travail. On arrive à ce résultat de plusieurs manières :

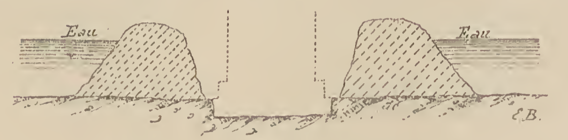


Fig. 33. — Fondations dans l'eau.

En formant une digue en terre argileuse, entourant l'endroit désigné et en mettant et maintenant à sec au moyen d'une

pompe (fig. 33). Quand le travail est fini, on drague la digue qui ne sert plus à rien.

Si la hauteur d'eau dépasse $0^m,60$ à $0^m,80$ et suivant la violence des courants, la digue en terre devient impraticable et doit être remplacée par un ouvrage plus résistant, par le batardeau composé de deux rangs de pilots et palplanches, entre lesquels on comprime de l'argile pour former une cloison étanche.

Un autre moyen de fonder dans l'eau consiste à faire simplement un encaissement. Après avoir dressé le sol reconnu bon pour recevoir la fondation, on coule du béton de manière à remplir l'encaissement sur toute la largeur. Lorsque la surface du béton est arrivée à $0^m,30$ en contre-bas de l'eau, on laisse durcir quelques jours, puis on calfeutre avec de l'argile en faisant une sorte de grand solin, l'on épuise et enfin on peut commencer à construire (fig. 34).

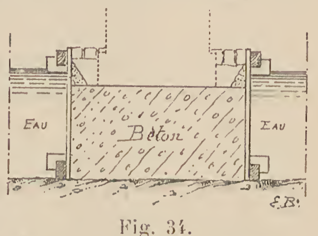


Fig. 34.
Caisson. Batardeau bétonné.

On emploie encore les caissons étanches en bois ou en tôle.

Emploi du sable pour fondements. — Depuis des siècles, dit M. Ramée, on s'est servi du sable comme moyen de répartition du poids en construction. Il peut sembler étrange au premier abord qu'une matière pour ainsi dire liquide, sans cohésion, et dont l'instabilité est proverbiale, puisse être d'une utilité quelconque dans les fondements des constructions, et surtout quand on réfléchit que le sable ressemble beaucoup à un fluide et que, non retenu, il peut à peine être maintenu sur une pente quelconque. Mais c'est précisément grâce à cette instabilité que le sable répartit le poids placé au-dessus non seulement dans une direction verticale, mais encore dans le sens horizontal ; la pression latérale exercée sur les côtés des tranchées de fouilles allège aussi considérablement celle qui s'opère sur le fond.

Ce moyen de fondation par le sable est impraticable dans un terrain très mou, car le sable tend à s'abaisser et s'y enfoncerait peu à peu. Mais dans tous les cas où le sol, bien que mou, offrirait cependant une consistance assez grande pour que le sable se maintienne emprisonné, l'usage du sable offre plusieurs avantages quant à la dépense et à la solidité de l'œuvre.

Il y a deux manières d'employer le sable, en *couches* et en

piles. — Si on veut former un tapis ou plate-forme, il faut commencer par enlever le sol mou à 0^{m},60 ou 0^{m},90 de profondeur : on y jette alors le sable, qu'on a soin de bien pilonner par couches et par parties à mesure qu'il y est introduit ; cette opération est nécessaire pour forcer le sable à se loger contre les parois verticales de la fouille. Si ce travail est bien fait, tout le tassement, s'il y en a, se fera uniformément. La surface supérieure de la couche de sable peut être protégée de différentes manières soit en employant certains matériaux, soit en la pavant. Il faut avoir soin que le fond de la maçonnerie à élever sur les fondements soit à une profondeur telle qu'il se trouve à l'abri de toutes eaux venant de la superficie supérieure du sol ou de toute autre cause de ruine.

L'emploi du sable en piles verticales est un moyen peu dispendieux et très efficace d'établir des fondements dans les cas où on ne pourrait et où l'on ne voudrait pas, pour une cause ou une autre, faire usage de madriers. Cependant le sable en pile ne serait pas suffisant dans un terrain meuble ou humide, car le sable se ferait jour à travers le sol avoisinant.

On fait les piles de sable en chassant en terre des pieux en bois de moyenne longueur ; on retire ensuite les pieux, et les trous qu'ils laissent sont remplis de sable, qu'on a soin de bien pilonner, afin qu'il garnisse entièrement le vide. Dans les cas où la solidité des piles ou pieux est due à la pression du sol qui les entoure, les piles de sable sont préférables aux pieux en bois, parce qu'un pieu en bois n'effectue la pression que dans le sens vertical ; il n'exerce aucun effet latéral sur le sol à travers lequel il passe, excepté dans le moment où il est chassé ; tandis que la pile verticale de sable communiquant la pression non seulement au fond du trou que le pieu a fait, mais encore aux côtés du trou qu'elle remplit, agit par conséquent sur une forte étendue de surface.

La disposition à donner au sol au-dessus de la tête des piles de sable est très simple. On peut le couvrir de madriers, de béton, de maçonnerie, afin d'empêcher le sable de monter et de s'échapper, ce qui résulterait infailliblement de la compression latérale exercée par les piles. Sur la plate-forme ainsi formée on élève la maçonnerie comme d'habitude.

Il est bon d'étendre une couche de cailloux concassés, de gravier, de glaise cuite ou de toute autre matière dure semblable au-dessus de la superficie des fondements.

A citer aussi, les plates-formes en fascines lestées de pierres dont les ingénieurs hollandais se servent avec succès ; les couches croisées de fortes pièces de bois et aussi de rails sur

lesquelles on édifie les maisons de quinze et vingt étages de Chicago et qui se rapprochent des grillages dont nous avons parlé.

En plus des moyens de répartition des pressions sur le sol et des moyens employés pour lui donner une plus grande consistance, il convient de mentionner aussi le procédé de consolidation des terrains inventé par M. Louis Dulac.

Ce qui caractérise ce système, c'est la compression sur une surface étendue et à une très grande profondeur — on va jusqu'à 14 mètres — de la masse même du terrain. Il comporte de plus l'établissement de place en place de piles en matériaux durs ou en béton pour servir à l'assiette des fondations.

La compression des terrains mous est obtenue par le fonçage d'une ou plusieurs files de puits ronds d'environ 0,80 de diamètre, espacés de $1^{m},50$ ou 2 mètres d'axe en axe, et par l'incrustation plus ou moins profonde dans les parois des puits et à leur base de divers matériaux, tels que des escarbilles, des moellons, des débris de pavés ou de briques.

Pour foncer les puits, on se sert d'un mouton conique de 1 500 kilogrammes tombant sans guidage d'une hauteur de 10 à 12 mètres (fig. 35). La manœuvre est faite à l'aide d'une sonnette à vapeur montée sur une plate-forme roulant sur rails de manière à pouvoir exécuter une ligne complète de puits.

Fig. 35.

Le mouton employé est en fonte, en forme de cône très effilé ; il est garni d'une pointe en acier et est creusé en haut d'un évidement destiné à assurer sa stabilité pendant sa chute. Il est muni d'une tige de suspension affectant à l'extrémité la forme d'une poire et à la chaîne du treuil de la sonnette est attaché un lourd déclic à trois branches articulées qui, descendant sur la poire, s'ouvre, puis se referme sur la demi-sphère inférieure. Dès que le treuil fonctionne et tire sur la chaîne, le déclic serre la poire et enlève le mouton. Arrivé à la hauteur réglée pour la chute, le déclic entre dans une sorte de collier amovible fixé sur les montants de la sonnette, les branches supérieures se resserrent, le déclic s'ouvre et laisse tomber le mouton, puis le déclic redescend, agrippe de nouveau le mouton, le soulève, le laisse retomber, et ainsi de suite.

Il faut environ cinq heures pour forer un puits de 12 mètres, On substitue alors au mouton conique un mouton de 1 000 ki-

logrammes en forme de cône curviligne ou d'obus (fig. 36). On jette dans le puits les matériaux de bourrage destinés à le combler en procédant par couches de 0,40 à 0,50 d'épaisseur et on pilonne à coups de mouton les matières qui par la forme même du mouton se trouvent comprimées au fond et latéralement.

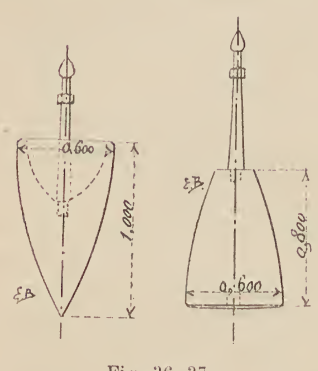


Fig. 36, 37.

Le battage se termine au moyen d'un mouton tronconique de 1 000 kilogrammes que nous représentons figure 37. En mesurant l'enfoncement de ce mouton ou pilon pour une volée de coups, on peut se rendre approximativement compte de la résistance qu'on a obtenue et juger si elle répond aux charges qu'on doit imposer au terrain.

La profondeur à laquelle on consolide le sol est toujours proportionnée au poids qu'on veut lui faire supporter. Pour des constructions peu importantes on se contente de comprimer le sol sur $1^m,50$ ou 2 mètres de profondeur et on ne se sert pour cela que du mouton en cône curviligne et on bourre les trous avec des matériaux appropriés.

Des empattements. — Après la consistance du sol, l'empattement est le plus important facteur de la stabilité des constructions.

C'est l'empattement qui répartit le poids de la construction

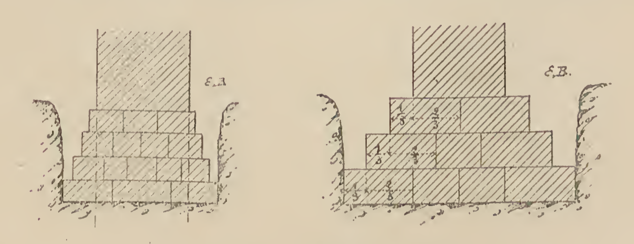


Fig. 38, 39. — Empattements.

élevée au-dessus, sur une surface plus développée, diminue ainsi la compression verticale par unité de surface et permet de construire sur un sol même peu résistant.

Comme nous l'avons dit, la surface d'empattement est déterminée par la qualité du sol et la pesanteur de l'édifice supporté ; mais il ne suffit pas de donner la surface voulue, il faut encore passer sans créer d'affaiblissements de la largeur d'empattement à la largeur moindre du mur proprement dit, ce qu'on devra faire suivant la forme indiquée (fig. 38). Si on avait des pierres dures à la disposition, on pourrait retraiter de 1/3 chaque assise (fig. 39).

CHAPITRE II

MAÇONNERIE

Des mortiers. — Mortiers de terre. — Mortier de terre à four. — Mortier de plâtre. — Au panier, au sas. — Mortier de chaux grasse. — Mortier de chaux et sable. — Mortier fin. — Mortier de chaux hydraulique. — Mortier de ciment. — Diverses compositions de mortiers. — Stuc. — Bétons.

Des murs. — Murs de fondations. — Murs de caves. — Murs en élévation. — Murs de façades. — Murs pignons. — Jambe étrière. — Besace. — Murs de refend. — Murs de clôture. — Epaisseurs des murs. — Murs de soutènement. — Angles de glissement naturel des terres. — Formules diverses. — Murs de réservoirs.

Maçonnerie de pierre de taille. — Choix et qualité des pierres. — De l'appareil. — Parements. — Lits. — Assises. — Joints. — Parpaing. — Appareils divers. — Taille de la pierre. — Pose de la pierre.

Maçonnerie de moellon. — Moellons bruts, smillés, piqués, bloqués, de plat, en coupe, etc.

Maçonnerie de meulière. — Meulière caillasse, plaquette, piquée. — Rocaillage.

Maçonnerie de brique. — Dimensions des briques. — Cloisons de briques sur le champ, à plat, de $0^{m},22$. — Murs en briques. — Murs creux. — En briques creuses.

Conduites de fumée. — Briques et poteries. — Conduites dans l'épaisseur des murs. — Conduites dévoyées. — Wagons. — Conduites adossées. — Foyer dans l'épaisseur. — Souches hors combles.

Légers ouvrages. — Jointoiements. — Renformis. — Crépi. — Enduits. — Hourdis de planchers. — Cloisons. — Plafonds. — Moulures. — Echafauds de maçons, volants, de charpentier. — Etaiements. — Cintres en charpente.

Fosses d'aisances. — Dimensions. — Fosses fixes. — Fosses mobiles. — Branchements d'égouts.

Des arcs, des voûtes. — Arcs divers. — Voûtes diverses. — Stabilité des voûtes. — Épaisseurs à donner aux voûtes.

Baies dans les murs de caves. — Portes. — Soupiraux.

Refends. Bossages. — Refends. — Bossages rustiques, en pointe de diamant, à cavet, à chanfreins, ravalés.

Portes de piétons. — Guichets, petites portes.

Portes charretières. — Dimensions. — Piliers.

Portes. — Portes d'entrées. — Portes d'intérieur.

Fenêtres. — Dimensions. — Détails. — Lucarnes.

Balcons. — Leurs dimensions et leurs saillies. — Balustrades. — Balustres.

Escaliers en maçonnerie. — Profils et sections de marches. — Escaliers de caves. — Perrons. — Escaliers extérieurs, intérieurs, entre-murs. — Escaliers à vis, à hélice, multiples, à quartiers tournants, etc. — Départs. — Pilastres. — Limons. — Paliers.

La maçonnerie, d'une manière générale, comprend tous les travaux exécutés à l'aide de la pierre, de la meulière, du moellon, de la brique, du mortier et du plâtre. Elle se divise ensuite en : maçonnerie de pierre de taille ; maçonnerie de moellon ou de meulière (*limousinage*) ; en maçonnerie de brique ou de briquetage ; enfin en plâtrerie et enduits divers.

DES MORTIERS

En général, on appelle *mortier* une composition destinée à unir les pierres entre elles, les agglomérer et faire corps avec elles, et qui, employée à l'état de pâte molle, durcit en séchant.

Le mortier est formé de chaux ou de ciment et de sable mélangés au moyen d'eau, mais ses qualités varient avec les proportions du mélange et les qualités mêmes des éléments qui entrent dans sa composition.

Une propriété essentielle des mortiers est de durcir en adhérant plus ou moins aux matériaux qu'ils réunissent ; un bon mortier durcit avec le temps.

La nature des mortiers varie avec les ressources des localités et la destination des édifices à construire ; on les fait généralement de terre, de plâtre, de chaux grasse, de chaux hydraulique, de ciment et de pouzzolane. On distingue les *mortiers simples* et les *mortiers composés*.

Les premiers comprennent :

1° **Le mortier de terre,** qui est le plus simple des mortiers, le plus économique, mais aussi le moins résistant. La terre la meilleure pour cet usage est une terre demi-argileuse, terre à brique ordinaire ou terre de routes ; on la délaye avec de l'eau et la pâte qu'on obtient sert à lier les matériaux de murs de peu d'importance, comme par exemple les murs de clôture et certaines constructions rurales. Ce mortier devient relativement assez dur par la seule dessiccation, mais il craint l'humidité et l'eau ; on ne doit pas employer le mortier de terre dans des endroits susceptibles d'inondation, et de plus il faut garantir les murs contre la pluie de deux manières : d'abord, en recouvrant la partie supérieure d'un chaperon étanche, et en garantissant les côtés par un enduit, un crépi, ou tout au moins un jointoiement s'opposant à la pénétration des eaux de pluie.

Le mortier de terre est employé aussi pour hourder les constructions en brique crue, mais c'est surtout dans la confection du *pisé* que son emploi est considérable, mélangé avec de la paille ou tout autre liant ; il constitue entièrement la muraille.

Le mortier de *terre à four* sert surtout aux fumistes, c'est une terre argilo-sableuse qu'on peut au besoin se procurer en faisant le mélange que voici : on fait un mortier de terre bien passé au tamis, dans la proportion de deux cinquièmes auquel on ajoute deux cinquièmes de terre calcaire et un cinquième de sable ; souvent même on peut supprimer la terre calcaire pour la remplacer par du sable, surtout si la terre argileuse est très liante.

2° **Le mortier de plâtre** est très employé, surtout dans le bassin de Paris où le plâtre se trouve en grande abondance et d'une qualité supérieure.

Le mortier de plâtre se prépare de plusieurs manières : premièrement, le *plâtre au panier*, ou plâtre ordinaire, c'est-à-dire tel qu'il est livré par le fabricant. Dans la construction il sert à faire les hourdis et les crépis, travaux qui ne réclament pas un grain fin. Cependant, quoique cette dénomination de plâtre au panier soit passée dans l'usage, nous devons dire que le plâtre subit souvent un criblage dans un panier d'osier, le plâtre étant trop grossier ou chargé de parties dures. Deuxièmement, le *plâtre au sas* qui est passé dans un tamis de crin et avec lequel on fait les enduits ordinaires et les moulures. Enfin, troisièmement, le *plâtre au tamis de soie* employé pour faire les enduits soignés, les plafonds, etc.

On gâche le plâtre avec plus ou moins d'eau, suivant la nature de l'ouvrage qu'on veut exécuter. Les ouvriers disent que le plâtre est gâché serré, lorsqu'il n'est ajouté que la quantité d'eau nécessaire pour produire une pâte consistante ; ils disent qu'il est gâché clair lorsque la masse est très liquide. Il est très étendu d'eau quand on s'en sert pour pousser les profils, comme du reste pour tout travail qui nécessite un certain temps.

Les mortiers composés comprennent :

1° **Le mortier de chaux grasse**, composé de pâte de chaux éteinte et de deux ou trois fois son volume de sable.

Le sable ici remplit le rôle de matière inerte, il augmente économiquement le volume du mortier ; de plus, il est utile, parce qu'il divise la chaux, la rend plus perméable à l'air et lui facilite la prise par la possibilité d'absorption de l'acide carbonique.

Le mortier de chaux grasse ne peut être employé qu'à l'air

et pour des murs de forte épaisseur parce qu'il est nécessaire, pour que ce mortier durcisse, que la chaux qui entre dans sa composition ait le temps avant dessiccation de reprendre à l'atmosphère une partie de l'acide carbonique que lui avait enlevé la cuisson. Ce mortier craint l'humidité.

La proportion des matières composant les mortiers doit toujours être comptée en volume, et le mélange fait au malaxeur ou à la main, mais toujours avec le plus grand soin pour assurer une parfaite homogénéité au mortier.

Voici quelques-unes des proportions employées :

Gros mortier de chaux et sable (à employer aussitôt fabriqué). Une partie de chaux bien éteinte en pâte épaisse et deux parties de sable (convient pour fondations et corps des gros murs).

Mortier fin à poser, qui sert parfois pour la pose des pierres de taille, des briques, les jointoiements et des enduits.

Deux parties de chaux éteinte en bouillie épaisse et trois parties de sable très fin.

Mortier fin, employé pour les cheminées de briques, dans l'intérieur et pour les cloisons ou refends en briques.

Une partie de chaux mesurée vive et réduite à l'état de bouillie épaisse et deux parties de sable très fin.

2° **Le mortier de chaux hydraulique** est composé de chaux hydraulique et de sable. Comme nous le savons, la chaux hydraulique a la propriété de durcir sous l'eau et dans les lieux humides, ce qui en fait une précieuse ressource de construction.

La prise de ce mortier est très variable et peut durer quelques heures ou plusieurs jours, la chaux hydraulique absorbant beaucoup moins d'eau et étant beaucoup moins avide d'acide carbonique que la chaux grasse.

3° **Le mortier de ciment**, qui est composé de ciment en poudre et de sable délayés à l'eau. Il durcit bien sous l'eau et convient généralement à toute bonne construction, surtout si elle doit être montée rapidement.

Suivant les ciments employés, les mortiers sont à prise lente ou rapide. Ceux à prise rapide durcissent promptement ; ceux à prises lente sont beaucoup plus denses et durcissent de plus en plus pendant quinze à vingt jours; ils font d'excellents enduits.

Nous comprenons ces trois derniers mortiers sous le nom de mortiers hydrauliques et nous donnons la composition des quatre mortiers employés couramment à Paris :

Le *mortier n°* 1 se compose, en volumes :	1 partie de ciment. 5 parties de sable de rivière.

Le *mortier n°* 2 comprend : { 1 partie de chaux ou ciment. 3 parties de sable de rivière. }

Le *mortier n°* 3 est composé de : { 1 partie de chaux ou ciment. 2 parties de sable de rivière. }

Le *mortier n°* 4 comporte : { 1 partie de chaux ou ciment. 1 partie de sable de rivière. }

TABLEAU DE LA COMPOSITION D'UN MÈTRE CUBE DE QUELQUES MORTIERS AYANT DONNÉ DE BONS RÉSULTATS

(D'après MM. Claudel et Laroque.)

NATURE de la CHAUX ET DU CIMENT	MODE D'EXTINCTION	VOLUMES DE				OBSERVATIONS
		Chaux en pâte.	Sable.	Ciment.	Pouzzolane.	
Grasse.	fusion.	0,370	0,950	»	»	Murs de clôture, bâtiments.
Grasse un peu hydraulique.	id.	0,250	0,940	»	0,200	Réservoirs.
Hydraulique très énergique	id.	0,360	1,000	»	0,040	Travaux dans l'eau.
Hydraulique ordinaire.	id.	0,333	1,020	»	»	Service des eaux et égouts de la ville de Paris.
Hydraulique très énergique	id.	0,400	1,000	»	»	Travaux hydrauliques, réservoirs.
Hydraulique ordinaire.	id.	0,370	0,950	»	»	Service de la navigation et des ponts de Paris.
Peu hydraulique . . .	id.	0,450	0,450	»	0,450	Pont canal de l'Orb à Béziers, Mortier énergique.
Hydraulique	Immersion.	0,489	1,000	»	»	Chaux du Theil. Travaux maritimes de Marseille, Toulouse, Cette, Alger. Mortiers très énergiques.
Id. énergique.	id.	0,550	1,000	»	»	Proportion moyenne indiquée par Vicat pour bons mortiers hors de l'eau.
Id. Id.	id.	0,650	1,000	»	»	Proportion moyenne indiquée par Vicat pour bons mortiers hydrauliques immergés sous une eau profonde.
Grasse.	id.	0,450	0,950	0,095	»	Mortier bâtard } Viaduc de Coursan sur l'Aude.
Id.	id.	0,450	0,950	0,172	»	id.
Ciment de Vassy . . .	id.	»	1,000	0,200	»	Durcit en deux heures sous l'eau.
Id. . . .	id.	»	1,000	0,333	»	Murs, voûtes et massifs qui ne sont pas immédiatement soumis à de fortes pressions.
Id. . . .	id.	»	1,000	0,500	»	Maçonneries hourdées de meulières, briques, moellons, rejointements, chapes, reprises en sous-œuvre, restaurations.
Id. . . .	id.	»	0,500	1,000	»	Enduits de fosses, citernes, réservoirs.
Id. . . .	id.	»	»	1,000	»	Étanchement des sources et fuites d'eau. — Prises instantanées.

Stuc. — C'est un mortier ou enduit qui est susceptible de prendre le poli du marbre. On distingue deux sortes de stuc, le stuc de chaux et celui du plâtre.

Le premier est composé de diverses matières : de chaux éteinte depuis six mois, de craie et de poudre de marbre blanc; de chaux, de sable très fin et de poussière de calcaire dur ou de marbre; d'un mélange de grès, de brique et de marbre broyés.

Le stuc s'applique par couches, les premières peuvent naturellement être d'un grain plus gros; quant à la dernière, elle doit être composée de molécules très petites; de là dépendra la beauté du poli.

Le stuc de plâtre convient surtout aux intérieurs. Il est composé aussi de diverses façons : en plâtre très fin gâché dans une dissolution de colle forte; en plâtre et alun, le gypse choisi est calciné dans un four à réverbère, puis trempé à sa sortie dans une eau contenant 10 p. 100 d'alun; l'imbibition dure environ trois heures, puis le plâtre ainsi aluné est réduit au rouge vif, puis pulvérisé et tamisé; plâtre et poussière d'alun.

Des bétons. — Le béton, d'une manière générale, est un mélange de mortier hydraulique et de pierres dures. Il est généralement fait avec des cailloux de $0^{m},05$ de grosseur au maximum; il est dit *gras* ou *maigre*, suivant la quantité de mortier qui entre dans sa composition. On fait aussi du béton avec les chutes de pierre, les débris de meulière, de briques et même avec du mâchefer.

Le béton doit former une maçonnerie imperméable et incompressible, ou perméable et incompressible suivant les destinations. Dans les maçonneries sous l'eau, il doit être imperméable et incompressible, aussi la proportion de mortier est beaucoup plus considérable; dans les maçonneries au-dessus de l'eau il suffit qu'il soit incompressible.

Un béton *gras* est dit *béton plein* et est imperméable à l'eau lorsque le mortier employé est égal en volume à celui des vides qui se trouvent entre les cailloux ou les pierres cassées. On obtient facilement le volume des vides en mettant des cailloux dans une caisse étanche et en versant une quantité d'eau comptée jusqu'à ce que les cailloux se trouvent submergés. D'après les expériences faites, dans les pierres cassées ou cailloux de même grosseur les vides sont de 45 à 48 p. 100; dans les graviers composés de cailloux de diverses grosseurs les vides varient de 35 à 40 p. 100 du cube apparent. Mais pour être certain d'avoir un béton bien plein, il faut augmenter ces chiffres

et les porter à : 0,56 à 0,60 pour le béton de pierres concassées, et 0,44 à 0,50 pour le béton de cailloux.

Voici quelques compositions de béton de cailloux et mortiers de chaux hydraulique, d'après M. Claudel (pour 1 mètre cube) :

1° *Béton gras :* $0^{m^3},55$ de mortier et $0^{m^3},77$ de cailloux, pour radiers, réservoirs, chaussées d'étang, déversoirs, etc., soumis à une pression d'eau considérable.
2° *Béton demi-gras :* $0^{m^3},52$ de mortier et $0^{m^3},78$ de cailloux, pour ouvrages de maçonnerie dans l'eau (égouts de Paris).
3° *Béton ordinaire :* $0^{m^3},48$ de mortier et $0^{m^3},84$ de cailloux, pour fondations de ponts, murs de quai, pavages, etc.
4° *Béton très ordinaire :* $0^{m^3},50$ de mortier et 1^{m^3} de cailloux, pour blocs artificiels faits avec mortiers de chaux du Theil.
5° *Béton un peu maigre :* $0^{m^3},45$ de mortier et $0^{m^3},90$ de cailloux pour fondations d'édifices sur terrains humides et mouvants.
6° *Béton maigre :* $0^{m^3},38$ de mortier et 1^{m^3} de cailloux, pour massifs et fondations en terrains secs et mouvants.
7° *Béton très maigre :* $0^{m^3},20$ de mortier et 1^{m^3}, de cailloux, pour fondations.

Les bétons se font au moyen de malaxeurs à manège ou à vapeur, ou encore simplement à bras, suivant la quantité plus ou moins considérable nécessitée par la construction qu'on édifie.

DES MURS

Un mur est un ouvrage de construction composé de matériaux tels que la pierre de taille, le moellon, la brique, la meulière, le caillou, le pisé, le bois ou simplement même la terre et qui sert à enclore un espace, à supporter des terrassements ou les étages d'un bâtiment, à y établir des divisions ou refends formant les diverses pièces et coupant la portée des planchers.

On distingue plusieurs sortes de murs :

1° **Les murs de fondations**, qui reçoivent la charge totale des constructions doivent, naturellement, être établis en matériaux durs, et conséquemment reposer sur un sol résistant. Il s'agit pour eux d'une simple charge d'écrasement ; il suffit donc d'adopter un coefficient de sécurité en rapport avec la maçonnerie employée multiplié par la charge totale de l'édifice et par centimètre carré de surface. Dans la maison de rapport, le mur de fondation qui vient au-dessous du mur de soubassement ou de cave a ordinairement $0^m,75$ à $0^m.80$ d'épaisseur ; c'est l'em-

pattement sur un bon sol. Ces murs peuvent être faits en béton, en meulière ou en moellon dur de roche.

2° **Les murs de caves** devraient être considérés comme des murs de soutènement s'il n'y avait pas de plancher venant les arc-bouter en tête, comme nous le faisons observer dans notre étude des planchers en fer à propos du chaînage. Ils se font ordinairement en moellons de roche coquillière ou en meulière et ont $0^m,65$ d'épaisseur pour murs de façade ou murs pignons, c'est-à-dire qu'ils forment, sur le mur réglementaire de $0^m,50$, une petite banquette $0^m,075$ de chaque côté.

Quand la construction comporte une jambe étrière ou des colonnes, la partie supérieure de ce mur de cave est couronnée par un libage en pierre dure. A notre avis, il serait utile de renforcer, au droit de ce libage, la maçonnerie destinée à le supporter, ou encore de construire cette partie avec des matériaux plus résistants. Les règlements, par exemple, indiquent ou plutôt ordonnent qu'une jambe étrière en pierre dure doit être établie en tête d'un mur pignon quand il doit être fait auprès une baie de 2 mètres et plus; mais ces règlements ne disent pas à quelle profondeur doit descendre la jambe, aussi les constructeurs se contentent-ils de montrer de la pierre au-dessus du sol et de l'économiser en dessous. Ce serait absolument absurde comme construction si les murs n'étaient d'une épaisseur considérable présentant toujours une résistance à l'écrasement suffisante.

3° **Les murs en élévation** qui, au-dessus du sol, sont destinés à *porter*, *enceindre* et *séparer;* ils comprennent : les murs de face sur rue; les murs de face sur cour; les murs pignons; les murs de refend; les murs de clôture et enfin les murs de soutènement.

Tous ces murs sont construits en pierre, moellon, meulière, briques ou autres matériaux suivant les ressources des localités.

Le *mur de façade* en bordure sur la rue doit avoir $0^m,50$ d'épaisseur au rez-de-chaussée. Si on fait des boutiques, les piles et trumeaux doivent être en matériaux très durs, des roches, par exemple, et les ouvertures, sans points d'appui, ne doivent pas dépasser 3 mètres dans les constructions ordinaires. Que la construction soit faite en pierre ou en briques, les murs peuvent être faits en diminuant d'épaisseur (fig. 40); ainsi, souvent on se contente de faire le mur du premier étage d'une brique et demie d'épaisseur ou $0^m,34$, enduits non compris, et les autres étages avec une seule brique $0^m,22$ (fig. 41).

Le *mur sur cour* n'est soumis généralement à aucun règlement, c'est aux constructeurs à mettre les épaisseurs néces-

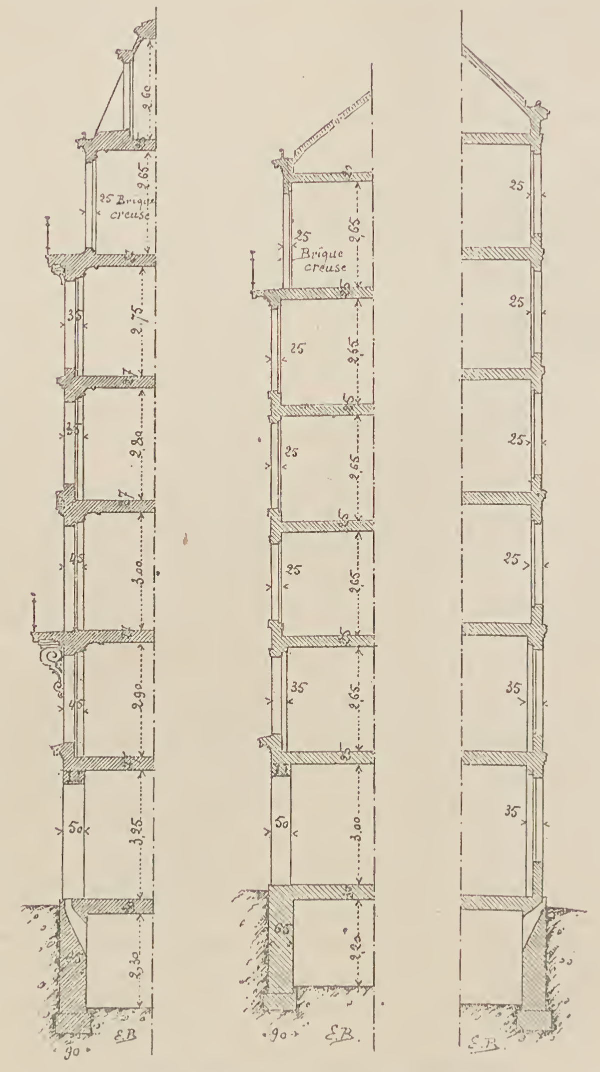


Fig. 40, 41, 42. — Murs de façades.

saires pour assurer la sécurité des habitants. Construit en brique, on donne $0^m,45$ ou $0^m,35$ pour le rez-de-chaussée ; $0^m,35$ ou $0^m,22$ au premier et $0^m,22$ aux autres étages (fig. 42).

Le *mur pignon* ou mur mitoyen ne doit être monté qu'en matériaux résistants, imputrescibles et incombustibles. Il doit

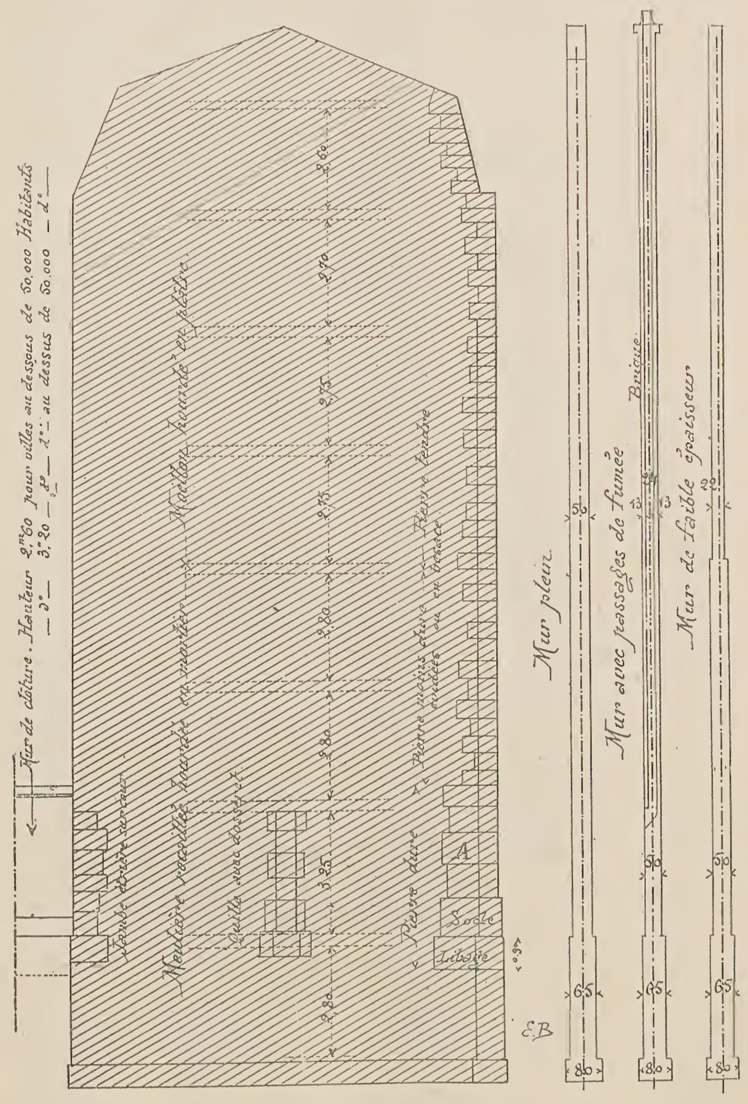


Fig. 43, 44, 45, 46. — Mur de pignon.

avoir 0m,50 au-dessus du sol, 0m,65 au-dessous et un empattement variant avec la qualité du sol (fig. 43, 44, 45 et 46); il

ne doit y être pratiqué aucun passage de fumée, et on ne doit point y sceller de solives en bois. Ceci est l'usage de Paris et même ici, n'est pas appliqué d'une manière bien sévère. En effet, deux propriétaires dont les terrains sont contigus ont parfaitement le droit de construire un mur séparatif dans lequel il y aura des conduites engagées ou encore d'établir ce mur avec une faible épaisseur, ce qui est assez rationnel puisque les murs pignons portant rarement plancher. Quand, auprès du mur mitoyen, il y a en façade un magasin ou même une baie dépassant 2 mètres, la tête du mur doit être faite dans la hauteur du rez-de-chaussée, en A de la figure 43, en pierre d'un appareil spécial qui prend le nom de *jambe étrière* (fig. 47).

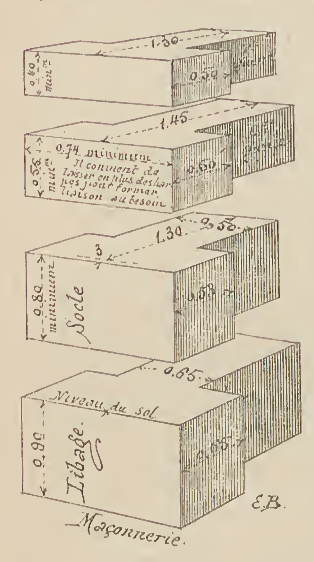


Fig. 47.
Appareil de jambe étrière.

La jambe étrière doit être faite de grands quartiers de pierre dure; elle devrait être descendue en pierre jusqu'au sol sur lequel elle s'appuie, mais on tolère qu'elle ne descende que jusqu'à 0m,90 en contre-bas du sol de la rue. Les assises en pierre doivent être d'un seul morceau en liaison les unes sur les autres par leurs queues dans le corps du mur mitoyen.

A Paris, l'assise du socle doit avoir 0m,80 de hauteur dans les rues de 10 mètres de largeur et au-dessous; 1 mètre dans celles de 10 mètres à 12 mètres et 1m,15 dans celles de 12 mètres et au-dessus. L'assise placée directement au-dessus du socle ne doit pas avoir moins de 0m,55 de hauteur et les autres moins de 0m,40, selon toutefois la nature de la pierre employée.

Les assises doivent avoir :

La grande assise, compris queue dans le mur mitoyen, 1m,45 de long.

La petite assise, compris queue dans le mur mitoyen, 1m,30 de long.

Chaque côté doit avoir un dosseret de 0m,12 de saillie au moins.

Quand au-dessus de la jambe étrière on veut continuer le mur mitoyen en pierre, on peut employer l'appareil dit à besaces qui a l'avantage d'éviter la perte de pierre. Cet appa-

reil que nous représentons (fig. 48, 49 et 50) peut très bien remplacer l'appareil évidé de la jambe étrière partout où aucun règlement ne viendra imposer cette dernière; il suffira de donner une longueur de queue suffisante et de chaîner soigneusement.

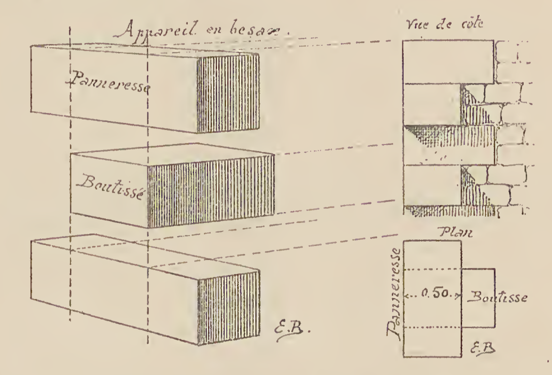


Fig. 48, 49, 50. — Appareil en besace.

Le *mur de refend* est un gros mur intérieur dans un bâtiment; généralement ce mur est parallèle aux murs de face et de cour et coupe ainsi en deux la portée des planchers (fig. 51).

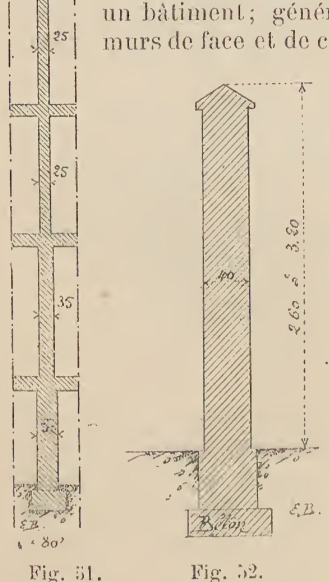


Fig. 51. Mur de refend. Fig. 52. Mur de clôture.

Le *mur de clôture* est soumis en France à un règlement de hauteur; il doit avoir 3m,20 (compris chaperon, fig. 52) dans les villes de 50 000 habitants et au-dessus, et 2m,60 dans les autres (mesures prises au-dessus du sol). L'usage aux environs de Paris est de construire le mur de clôture de 0m,40 d'épaisseur avec des chaînes d'environ 1 mètre de largeur, espacées de 4 mètres d'axe en axe, en moellons hourdés en plâtre ou mortier; le reste du remplissage en moellon hourdé en terre. Le tout jointoyé en plâtre (fig. 53) et parfois entièrement recouvert d'un crépi. A Paris, étant donné sa hauteur, il doit être en entier hourdé en mortier.

Le type que nous venons de décrire est celui le plus généralement consacré par l'usage, cependant on fait aussi des murs d'une épaisseur moindre construits en brique pleine ou creuse de $0^{m},11$ à $0^{m},14$ et dans lesquels les chaînes en moellon et plâtre sont remplacés par des fers double T scellés dans des

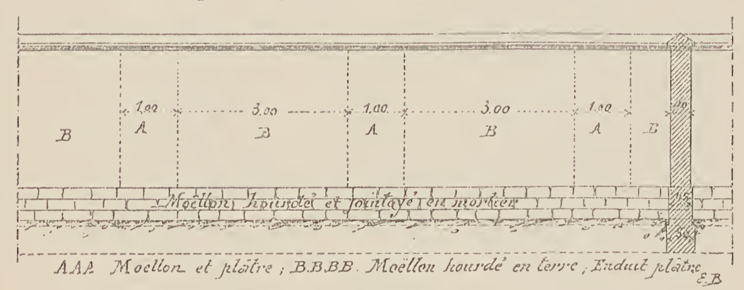


Fig. 53. — Mur de clôture.

massifs à des distances de 3 mètres environ. Ces fers ont $0^{m},140$ à $0^{m},160$ suivant l'épaisseur de la brique employée et sont aussi parfois supprimés, comme on le verra plus loin dans notre étude sur la brique.

Les chaperons ou couvertures des murs se font en plâtre ou en terre cuite, à un ou deux égouts, suivant que le mur appar-

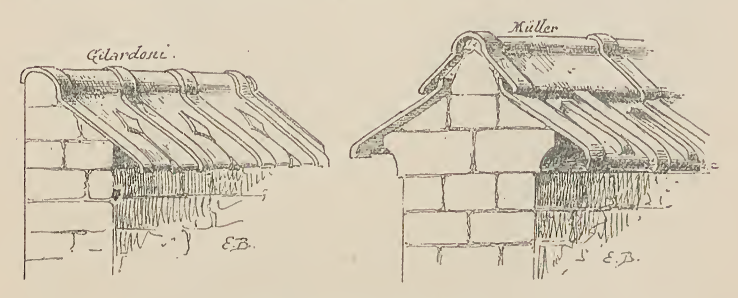


Fig. 54, 55. — Chaperons.

tient à un seul propriétaire ou bien est mitoyen. La terre cuite est de beaucoup préférable au plâtre, elle protège mieux et ayant une durée beaucoup plus considérable, elle est tout aussi économique. Elle se prête de plus à une décoration plus ou moins riche, ce qui peut être utilisé dans nombre de constructions pittoresques.

Les modèles que nous donnons (fig. 54 et 55) sont simples, mais on en fait couronnés de crêtes avec motifs décoratifs de distance en distance.

Épaisseur des murs. — Pour déterminer l'épaisseur d'un mur, Rondelet donne la formule suivante (fig. 56 et 57) : Mener la droite A B égale à la longueur du mur, à une échelle déterminée, élever au point A une perpendiculaire A C qui représentera, à la même échelle, la hauteur du mur ; joindre C B, hypoténuse du triangle rectangle A B C.

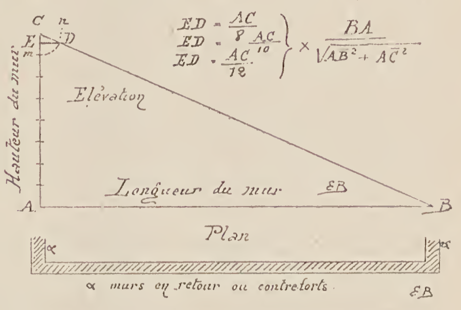


Fig. 56, 57. — Procédé graphique donnant l'épaisseur des murs.

Du point C, avec une ouverture de compas égale à 1/8, 1/10 ou 1/12 de A C, selon qu'on veut un mur ayant une forte, moyenne, ou faible stabilité, décrire un arc de cercle *m n*, qui coupe l'hypoténuse C B au point D. Du point D, ainsi obtenu, abaisser une perpendiculaire D E sur A C. Cette perpendicnlaire D E représente, à l'échelle du dessin, l'épaisseur à donner au mur de longueur A B et de hauteur A C.

En général, dans les maisons, on se contente d'employer les épaisseurs en usage et consacrées par expérience ; nous les résumons dans le tableau suivant, donnant des chiffres maxima et minima pour différences pouvant provenir de la nature des matériaux, il est évident que le même mur, s'il est construit en brique, aura une épaisseur différente de celle qu'il aurait s'il était construit en moellon.

TABLEAU DES ÉPAISSEURS EN USAGE POUR LES MURS DE MAISONS DE RAPPORTS

PARTIES DE MURS	MURS de face sur rue	MURS de face sur cour.	MURS de refend.	HAUTEUR D'ÉTAGE entre planchers.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Aux basses fondations	0.75 à 1.00	0.75 à 1.00	0.70 à 0.85	»
Dans la hauteur des caves	0.65 à 0.80	0.55 à 0.80	0.45 à 0.60	2.40 à 3.00
Rez-de-chaussée	0.50 à 0.65	0.45 à 0.50	0.35 à 0.50	3.00 à 5.00
1er étage	0.45 à 0.55	0.35 à 0.50	0.35 à 0.40	2.65 à 5.00
2e étage	0.35 à 0.45	0.25 à 0.40	0.25 à 0.35	2.65 à 4.25
3e étage	0.25 à 0.40	0.25 à 0.35	0.25 à 0.35	2.65 à 3.50
4e étage	0.25 à 0.40	0.25 à 0.30	0.15 à 0.30	2.60 à 3.25
5e étage	0.25 à 0.30	0.25 à 0.30	0.15 à 0.25	2.60 à 3.00
6e étage	Toujours mansardé ou en attique.			

Cependant, quand il se présente des cas particuliers, on doit toujours se rendre compte de la charge que supporte la maçonnerie et lui donner une épaisseur en rapport avec la résistance que peut donner la maçonnerie employée et ne prendre comme charge de sécurité que le dixième de la charge qui déterminerait l'écrasement. (Pour le moellon, tenant compte de sa forme irrégulière, sauf le cas d'appareil, on ne prendra que le quinzième de la résistance totale de la roche qui fournit ce moellon.)

Les moellons calcaires durs hourdés de bonne chaux hydraulique ou en ciment de Vassy peuvent être chargés avec sécurité à 10 kilogrammes par centimètre carré.

Les moellons traitables, hourdés en plâtre, ne doivent pas être chargés à plus de 3 kilogrammes par centimètre carré.

Les moellons tendres à 2 kilogrammes par centimètre carré.

Voici, d'après M. L. Reynaud, les efforts de compression auxquels sont soumises certaines parties de constructions regardées comme étant sur la limite (les pressions exprimées *en kilogrammes* par centimètre carré :

Mur de refend de la basilique de Constantin, Rome. — Maçonnerie de blocage revêtue de brique.	24^k,510
Colonnes du rez-de-chaussée, palais de la Chancellerie. Rome. — Pierre de taille.	34^k,110
Piliers du dôme de Saint-Paul de Londres. — Pierre de taille calcaire	19^k,350
Piliers du dôme de Saint-Pierre de Rome. — Blocage revêtu en travertin.	16^k,350
Piliers de la tour de l'église Saint-Merry. — Pierre de taille calcaire	29^k,420
Piliers du dôme du Panthéon, Paris. — Pierre de taille calcaire	29^k,430
Mur de soutènement du réservoir de Grois-Bois, au canal de Bourgogne. — Moellons quartzeux.	14^k,000
Piliers du réservoir d'eau de la rue de l'Estrapade, Paris. — Béton de cailloux.	8^k,000

Nous donnons d'autre part au chapitre *Résistance des matériaux* les charges de sécurité des différents matériaux et maçonneries.

FORMULES DE RONDELET

Soient : e Épaisseur du mur en mètres ;
H Hauteur totale depuis le sol ;
h Hauteur d'étage ;
n Nombre d'étages ;
l Longueur totale.

Murs simples $e = \dfrac{l + \dfrac{H}{2}}{24}$

Murs de face doubles $e = \dfrac{l + H}{48} + (0^m,027 \text{ à } 0^m,054)$.

Murs de face simples $e = \dfrac{2l + H}{46} + (0^m,027 \text{ à } 0^m,054)$.

Murs de refend $e = \dfrac{l + H}{36} + n\,(0^m,013 \text{ à } 0^m,027)$.

Murs des bâtiments recouverts d'un simple toit.

Soit L largeur du bâtiment : $e = \dfrac{H}{12} \times \dfrac{L}{\sqrt{L^2 + H^2}}$.

Et si les murs qui supportent le toit sont soutenus à une certaine hauteur par d'autres constructions, soit h' la hauteur dont ce mur surmonte l'appui extérieur, on aura :

$$e = \frac{H + h'}{24} \times \frac{L}{\sqrt{L^2 + (H + h')^2}}$$

Murs d'enceintes non couvertes.

$$e = \frac{H}{8} \times \frac{L}{\sqrt{l^2 + H^2}}$$

Murs isolés ou de clôture.

Si l est très grand par rapport à H on fera :

$$e = \frac{H}{8}$$

Murs circulaires.

r rayon $e = \dfrac{H}{8} \times \dfrac{\dfrac{1}{2}\,r}{\sqrt{\dfrac{r^2}{4} + H^2}}$

Murs de soutènement. — Les murs de soutènement sont destinés à arrêter brusquement les terres par suite de différences plus ou moins considérables des niveaux (fig. 58).

Une formule empirique très employée, $\dfrac{h}{3}$, donne l'épaisseur. Ce moyen simple et pratique est parfois très bon, mais c'est par hasard; on n'est jamais certain d'avoir donné assez ou de

n'avoir pas donné trop d'épaisseur. Comme en tout, il est beaucoup mieux de se rendre compte exactement de ce qui est

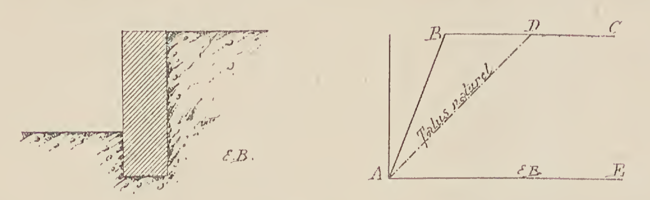


Fig. 58. — Mur de soutènement. Fig. 59. — Angle formé par le terrain.

nécessaire dans chaque cas particulier; il en résulte toujours économie ou sécurité.

La première chose dont doit s'occuper le constructeur est de reconnaître la nature du terrain et de se rendre compte du talus formé naturellement par les terres qui le composent.

Lorsque les terres considérées ont une pente plus raide que le talus naturel, la partie placée au-dessus de ce talus tend à descendre. Soit par exemple un massif de terre A B C (fig. 59). Supposons que A D soit le talus naturel, A E le plan horizontal de comparaison, le prisme de terre A B D tendra à glisser suivant le plan A D. Pour empêcher ce mouvement, il faut opposer une force au moins égale et contraire à celle qui se développe dans le massif. Le *frottement* et la *cohésion* concourent à la stabilité des terres dans des mesures différentes, suivant les natures de terrain, c'est-à-dire que le sable par exemple prendra un talus moins raide qu'une terre argileuse compacte :

NATURE DES TERRES	DENSITÉS	ANGLES de glissement ou talus naturels. α	PENTES par mètre.
	kilogrammes.	degrés.	mètres.
Sable pur et très sec.	1 900	21	0.3838
Terre argileuse et humectée. .	1 600	35	0.7002
Sable terreux	1 700	46	1,0355
Terre végétale légère et sèche .	1 400	46	1.0355
Terre glaise	1 900	55	1.4281
Terre franche	1 590	50	1.1917
Vase fluide	1 650	»	»

Pour les terres moyennes, telles que le sable terreux et la terre végétale légère et sèche, on adopte généralement l'incli-

naison de 45°, ou 1 mètre de base pour 1 mètre de hauteur, et, pour les terres argileuses 35°, ce qui donne 0m,700 de hauteur pour 1 mètre de base.

Les maçonneries constituant les murs de soutènement pèsent en général au mètre cube :

1° Maçonnerie de moellons calcaires ou siliceux	1 700 à 2 300 kilogr.
2° Maçonnerie de moellons de granit, de porphyre, etc	— 2 300 —
3° Maçonnerie de moellons de basalte.	— 2 500 —

Murs de soutènement de remblais sans surcharges (fig. 60). — Le mur à parois verticales est le plus simple de tous ; la formule donnée par Navier est la suivante :

$$E = 0{,}59\, h\, tg\left(45° - \frac{\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{\Pi}{\pi}}$$

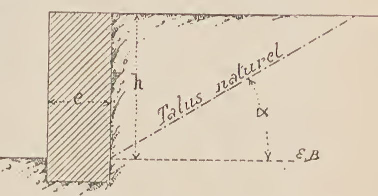


Fig. 60. — Soutènement de remblai.

E Epaisseur uniforme du mur ;
h Hauteur du mur ou profondeur du terrain à soutenir ;
Π Le poids du mètre cube de terre ;
π Le poids du mètre cube de mur ;
α L'angle du talus naturel des terres avec l'horizon.

Quand il est possible, il faut toujours donner du fruit ; on comprend que plus on se rapproche de l'angle du talus naturel,

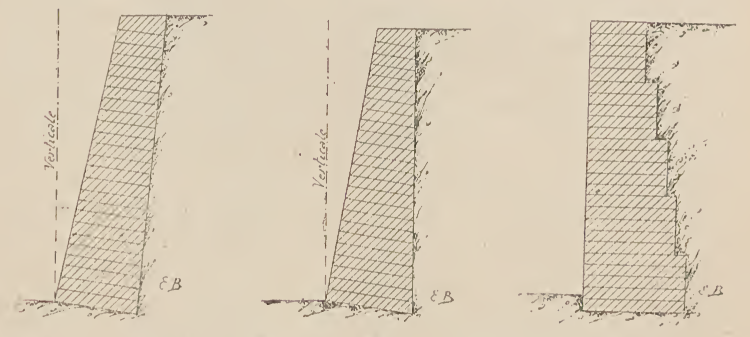


Fig. 61, 62, 63. — Divers murs de soutènement.

plus la poussée des terres est diminuée (fig. 61, 62). Mais quand cela n'est pas possible, il est préférable, au lieu de donner au

mur une épaisseur uniforme, de construire le mur en gradins en lui donnant au milieu l'épaisseur trouvée par la formule ci-dessus et en reportant à la base toute la maçonnerie que l'on peut retirer à la partie supérieure (fig. 63).

On obtient ainsi un mur d'égale résistance, chaque gradin correspondant à une épaisseur de terre comptée prise parallèlement au talus naturel et dont le poids diminue en montant puisqu'il est allégé de la pression de la couche précédente.

Barbacanes. — On sait que les murs destinés à soutenir les liquides doivent être plus épais que ceux qui maintiennent

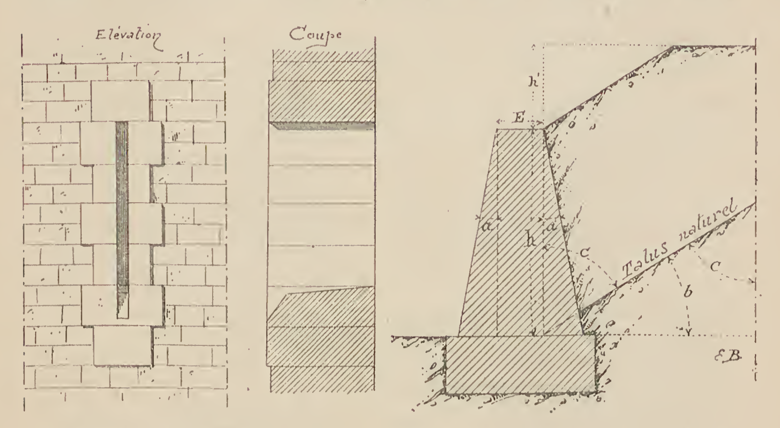


Fig. 64, 65. — Barbacane. Fig. 66. — Remblai avec surcharge.

simplement les terres; donc on doit admettre que les eaux de pluie en délayant les terres augmentent la pression contre le mur, et qu'il est nécessaire de parer à ce grave inconvénient. Pour cela et aussi pour ventiler, on pratique dans le mur des barbacanes ou petites ouvertures, dans le genre des figures 64, 65 qui donnent passage aux eaux et aux gaz amassés dans le remblai.

Murs de soutènement de remblai avec surcharge (sans fruit). — La formule donnée par Poncelet est la suivante :

$$E = 0{,}845\,(h + h')\ \text{tang.}\ \frac{1}{2}\,c\,\sqrt{\frac{k'}{k}}$$

Et, avec fruit, figure 66 :

$$E = h\left[-\left(n + \frac{n'}{2}\right) \pm \sqrt{\frac{k'}{3k}\ \text{tang.}^2\ \frac{1}{2}\,c + \frac{n^2}{3} - \frac{n'^2}{12}}\right]$$

Dans cette formule les lettres représentent :

E Epaisseur à donner au mur à sa partie supérieure.

b Angle sous lequel les terres à soutenir se maintiennent seules.

c Complément de l'angle b.

n et n' fruits par mètres des parements intérieurs et extérieurs.

h Hauteur du mur.

h' Surcharge des terres à soutenir.

k Poids du mètre cube de maçonnerie.

k' Poids du mètre cube de terre.

Murs de réservoirs (fig. 67). — La formule donnant l'épaisseur de ces murs est, d'après Poncelet :

$$E = h - h' \sqrt{\frac{k'}{3k}}$$

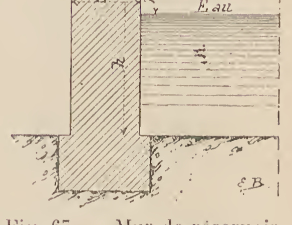
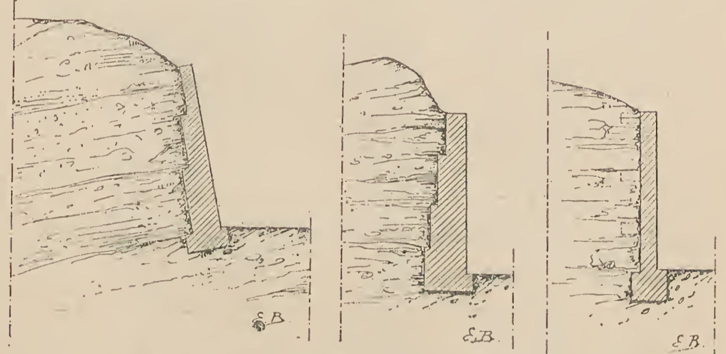


Fig. 67. — Mur de réservoir.

Lorsqu'un mur de soutènement est destiné à soutenir une terre vierge franchement coupée, il faut se bien garder de détruire la cohésion qui lui permet de se tenir seule et exécuter la maçonnerie en la bloquant contre la terre sans laisser aucun vide.

Quand un terrain coupé verticalement se tient seul, on peut diminuer dans une certaine mesure l'épaisseur du mur et aussi

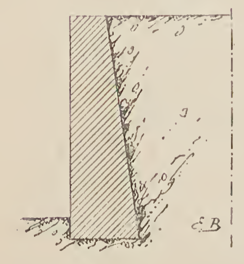

Fig. 68, 69, 70. — Revêtements bloques pour terrains compacts.

recourir à diverses dispositions que nous indiquons ci-après au moyen de croquis (fig. 68, 69 et 70).

M. Oppermann, dans les *Nouvelles Annales de la construction*, a donné les chiffres suivants, qui présentent un réel intérêt :

1° Les murs pleins avec fruit extérieur, la partie en contact avec la terre restant verticale, donnent, suivant la proportion des fruits :

Fruit extérieur du mur.	Épaisseur du mur au sommet.
1/4	0,0830 *h*
1/5	0,1214 *h*
1/6	0,1683 *h*
1/7	0,1835 *h*
1/8	0,1957 *h*
1/9	0,2055 *h*
1/10	0,2205 *h*
1/12	0,2358 *h*
1/15	0,2513 *h*
1/20	0,3000 *h*


Fig. 71.
Fruit intérieur.

h étant la hauteur du mur, et les terres arasées avec ce même mur.

Si au contraire le fruit est intérieur (fig. 71), l'épaisseur au sommet devient suivant le fruit :

Fruit intérieur du mur.	Épaisseur du mur au sommet.
1/4	0,1663 *h*
1/5	0,1944 *h*
1/6	0,2127 *h*
1/7	0,2257 *h*
1/8	0,2352 *h*
1/9	0,2427 *h*
1/10	0,2486 *h*

Dans le cas de gradins à l'intérieur (voir fig. 63), on obtient :

Fruit équivalent aux retraites.	Épaisseur au sommet.
1/4	0,0763 *h*
1/5	0,1222 *h*
1/6	0,1527 *h*
1/7	0,1740 *h*
1/8	0,1901 *h*
1/9	0,2024 *h*
1/10	0,2148 *h*

Cette disposition est très avantageuse.

Plus économique est la forme avec contreforts (fig. 72, 73, 74).

Dans le cas qui nous occupe les contreforts ont 1 mètre de large et sont écartés de 3 mètres.

Le mur ainsi formé se compose des contreforts, dont nous connaissons la largeur et dont la saillie est donnée par le tableau

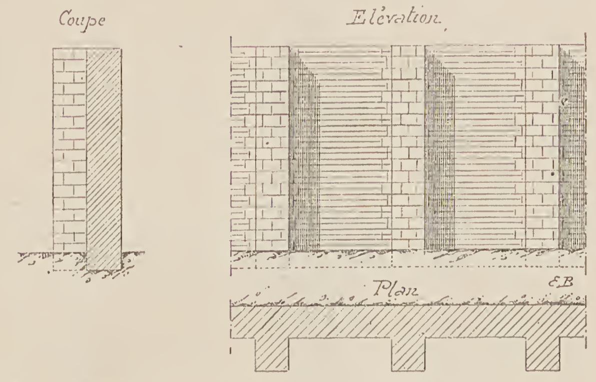


Fig. 72, 73, 74. — Soutènement avec contreforts extérieurs.

ci-après et par le masque ou mur réunissant les contreforts. Ce masque doit avoir en épaisseur environ 1/5 ou 1/6 de la hauteur totale du mur :

Hauteur du mur.	Épaisseur du masque.	Saillie des contreforts sur le masque.
5,000	0,833	0,833
6,000	1,000	1,000
9,000	1,500	1,500
12,000	2,000	2,000
15,000	2,500	2,500

Cependant on ne peut pas toujours mettre les contreforts à l'extérieur à cause de la place qu'ils occupent, et dans ce cas on dispose ces contreforts à l'intérieur (fig. 75, 76, 77).

Le résultat est moins économique, l'épaisseur du masque devient $\frac{h}{4}$ et les épaisseurs et saillies deviennent, suivant les hauteurs :

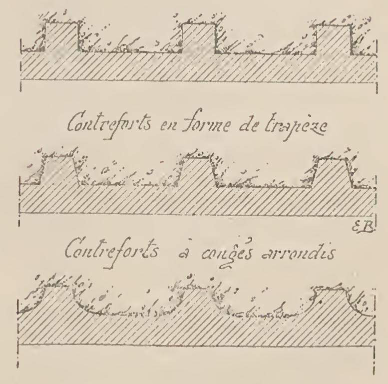


Fig. 75, 76, 77. — Contreforts intérieurs.

Hauteur du mur.	Épaisseur du masque.	Saillie des contreforts sur le masque.
5m,000	1m,250	0m,825
6m,000	1m,500	0m,990
9m,000	2m,250	1m,485
12m,000	3m,000	1m,980
15m,000	3m,750	2m,475

Et dans le cas de terrain d'une forte cohésion, si l'on prend l'épaisseur du masque $= \frac{h}{6}$ on trouve :

Hauteur du mur.	Épaisseur du masque.	Saillie des contreforts sur le masque.
5m,000	0m,833	1m,795
6m,000	1m,000	2m,154
9m,000	1m,500	3m,231
12m,000	2m,000	4m,308
15m,000	2m,500	5m,385

Avec les contreforts intérieurs il faut particulièrement soigner la liaison du masque avec les contreforts en laissant latéralement des harpes pour marier les maçonneries (voir fig. 73).

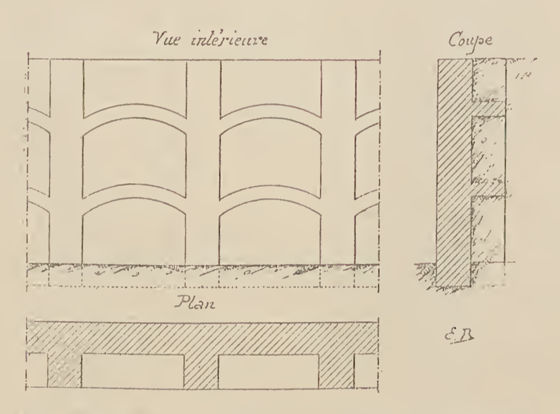


Fig. 78, 79, 80. — Contreforts avec arcs de décharge.

On relie parfois les contreforts entre eux par des arcs de décharge, ce qui a pour résultat de consolider le masque et de reporter verticalement une certaine partie de la pression (fig. 78, 79, 80).

Le masque doit avoir une épaisseur égale à $\frac{h}{6}$, et on met :

2	étages de voûtes,	pour les murs de	5m,000
2	—	—	6m,000
3	—	—	9m,000
5	—	—	10m,000
6	—	—	15m,000

MAÇONNERIE DE PIERRE DE TAILLE

On désigne sous le nom de pierre de taille tout bloc de calcaire, de grès, de granit ou de marbre dont la forme est rendue régulière et appropriée à l'usage auquel on le destine en taillant et dressant les faces suivant les dimensions déterminées.

L'exécution de la maçonnerie de pierre de taille comprend plusieurs opérations, que nous allons examiner successivement.

1° **Choix et qualité des pierres de taille.** — Nous ne nous occuperons pas de l'extraction de la pierre, nous dirons seulement que les constructeurs doivent choisir des pierres de qualité en rapport avec l'usage qu'on veut en faire, non gélives et d'une résistance à l'écrasement en rapport avec les charges qu'elles sont appelées à porter.

2° **De l'appareil.** — On appelle *appareil* le détail de la disposition des pierres dans un édifice. Appareiller, c'est préparer d'avance la forme des pierres devant composer un ensemble. L'appareilleur est un chef d'atelier qui trace les épures, les coupes, relève les panneaux (gabarits en bois de chacune des faces des pierres de formes compliquées), et qui dirige la taille et la pose des pierres.

On appelle *parement* la face d'une pierre qui doit rester apparente.

On appelle *lits* les deux faces opposées dressées pour être posées sur d'autres pierres et en supporter en contre-haut (fig. 81).

Fig. 81. — Pierres d'appareil.

Une pierre taillée et dressée seulement dessus et dessous, destinée à être enterrée et à supporter une colonne ou un support quelconque, prend le nom de *libage*.

On appelle *assise* chaque rangée horizontale de pierres limitée à sa partie supérieure et à sa partie inférieure par un plan horizontal. La *hauteur d'assise* est la dimension verticale entre deux lits successifs (fig. 82). Quand les hauteurs d'assises sont égales, on dit que la construction est montée par *assises réglées*.

Les *joints* sont les plans verticaux qui séparent les pierres d'une même assise ; ils ne doivent pas se correspondre, mais se

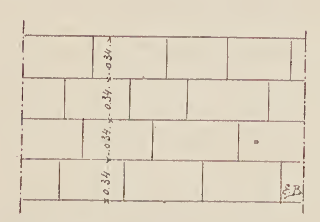


Fig. 82. — Assises réglées.

Fig. 83. — Appareil réglé de largeur

croiser d'au moins $0^{m},20$. Lorsqu'ils se croisent symétriquement et que les pierres présentent toutes les mêmes dimensions, la construction est ce qu'on appelle *réglée de largeur* (fig. 83).

On appelle *queue de la pierre* la dimension perpendiculaire à son parement. Quand la dimension du parement est plus considérable que celle de la queue, la pierre prend le nom de *carreau*. Quand au contraire c'est la queue qui domine, la pierre se nomme *boutisse*.

On appelle *parpaing* une pierre qui a toute l'épaisseur du mur et qui a deux parements apparents (fig. 84).

Fig. 84. Dénominations des pierres.

On dit qu'une pierre est posée *en délit* lorsque ses faces horizontales ou obliques ne sont pas posées dans le même sens que son lit de carrière. Pour toutes les pierres stratifiées, sujettes à se déliter, il faut soigneusement éviter cette disposition.

Dans tout appareil, une pierre quelconque doit toujours avoir deux faces normales à la direction de l'effort auquel elle doit résister. Il faut que toutes les pierres d'une même assise soient de même hauteur afin d'éviter les inégalités de tassement et aussi un effet désagréable à la vue.

Les joints verticaux, qu'ils soient réglés de largeur ou non, ne

doivent pas se correspondre; ils doivent se chevaucher d'au moins $0^{m},15$ à $0^{m},20$; c'est ce qu'on nomme *joints rec ouverts*

L'appareil polygonal, que les Latins appelaient *opus insertum*, ne renfermait pas d'assises horizontales et les blocs, de longueur parfois considérable (5 mètres et plus) étaient taillés suivant la forme naturelle de la pierre (fig. 85). Les édifices les plus anciens offrent des exemples de murailles exécutées en blocs polygonaux irréguliers. La Grèce et l'Italie possèdent un certain nombre de ces constructions primitives appelées *cyclopéennes* ou *pélasgiques*.

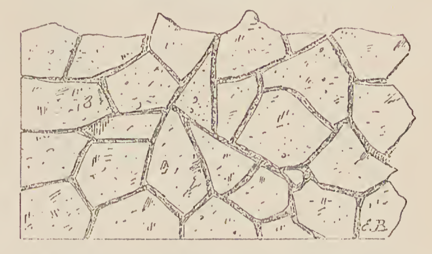


Fig. 85. — Appareil opus insertum.

L'appareil à assises réglées ou *isodomon* (voir fig. 83) dans lequel toutes les pierres sont semblables entre elles de manière à ce que les joints tombent exactement dans les axes.

L'appareil pseudo-isodomon, composé alternativement d'assises hautes et basses (fig. 86) ; il est appelé aussi, ainsi que le précédent, *appareil en liaison*.

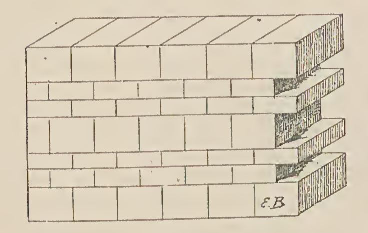


Fig. 86. — Appareil en liaison.

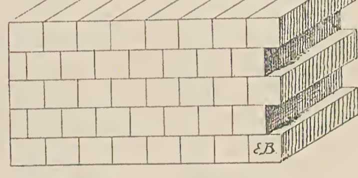


Fig. 87. — Appareil en boutisses.

L'appareil en boutisses est composé de pierres offrant leur petit côté en parement et occupant toute l'épaisseur de la muraille (fig. 87).

L'appareil en carreaux et boutisses (fig. 88), dans lequel les carreaux sont liés par les boutisses.

L'appareil en besace (fig. 89) est surtout employé pour les angles ; on s'en sert aussi pour les jambages des baies.

Il évite les évidements et par conséquent procure une économie de pierre.

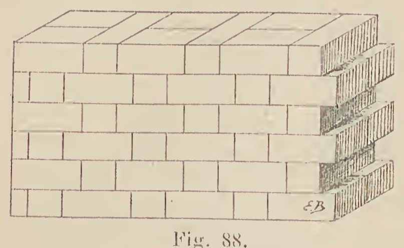


Fig. 88.
Appareil en carreaux et boutisse.

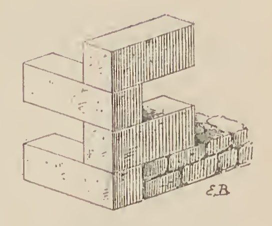


Fig. 89.
Appareil en besace.

Appareil au croisement des murs. — Il s'agit surtout de bien relier entre eux les deux murs et pour cela obtenir les recouvrements de joints les plus grands possibles.

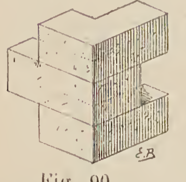
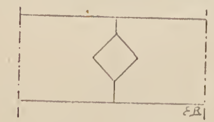
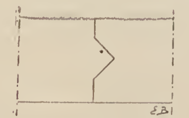


Fig. 90.
Appareil évidé.

L'appareil en *besace* est de beaucoup le plus simple, mais cependant on se sert souvent des pierres d'encoignure avec *harpe*. Ce sont des pierres évidées formant l'équerre (fig. 90), et coupées de manière à chevaucher les joints.

La menuiserie emploie les rainures et languettes, les embrèvements, les feuillures ; aux dimensions près, il peut en être de même pour la pierre. Pour les balustrades, les balcons, etc., on a souvent recours à ces moyens d'assemblages (fig. 91, 92, 93). — Parfois aussi on se contente de goujons métalliques, par exemple pour réunir les pierres composant un balcon ; si on n'emploie pas la feuillure, on met des goujons comme le montre la figure 94 (en bronze ou en fer galvanisé).





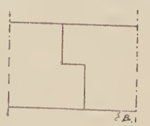


Fig. 91, 92, 93. — Assemblages de pierres.

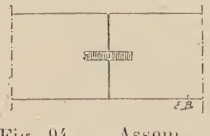


Fig. 94. — Assemblage à goujon.

Taille de la pierre. — Le constructeur doit, avant tout, tenir compte de la difficultép lus ou moins grande que la pierre présente à la taille de manière à mettre la dureté et le grain en rapport avec la charge à supporter, l'effort à soutenir ou la finesse des détails devant être taillés où sculptés dans la pierre.

La taille de la pierre consiste à dresser convenablement les faces et à donner aux blocs les formes arrêtées dans l'épure d'appareil. Cette taille se fait parfois en carrière, mais bien plus souvent dans un chantier loué exprès et situé à proximité des travaux.

Sur le *tas*, c'est-à-dire sur la pierre mise en place dans le bâtiment qu'on construit, on fait la taille des parements, le ravalement et les sculptures.

On appelle *épannelage* une taille préparatoire et grossière des profils (fig. 95, 96, 97, 98, 99).

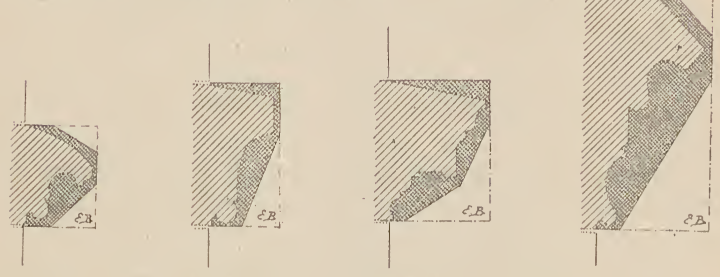


Fig. 95, 96, 97, 98. — Epannelage des pierres.

Pour les pierres tendres, l'épannelage se fait sur le chantier et le *ravalement* ou taille définitive se fait la pierre étant posée. Pour les pierres dures dont les arêtes sont plus résistantes, il y a avantage à faire le travail en bas, ce qui offre plus de facilité, ou même encore dans la carrière même, ce qui se pratique surtout pour les marches, balcons, balustrades, etc.

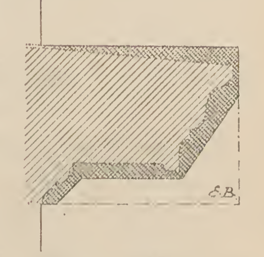


Fig. 99. — Epannelage.

Pose de la pierre de taille. — On comprend qu'une bonne pierre mise en œuvre d'une façon défectueuse ne peut donner qu'une maçonnerie mauvaise. Il faut donc soigner surtout la pose dont dépend toujours la solidité de l'ouvrage ; la manière la meilleure de poser la pierre est la suivante : on présente la pierre à la place qu'elle doit occuper et on la cale près des quatre angles au moyen de morceaux de bois réglés à l'épaisseur du mortier qu'on veut intercaler, soit de 0m,005 à 0m,010. On soulève alors la pierre en lui faisant faire quartier, on étend une couche de mortier un peu plus épaisse que les cales, on remet la pierre en place, on frappe dessus à l'aide d'une masse jusqu'à ce que le mortier reflue et que la pierre touche les cales.

Quand le mortier commence à prendre une certaine consistance, on retire les cales.

La méthode consistant à laisser les cales à demeure est défectueuse parce que le mortier se retire légèrement en séchant et qu'alors la pierre se trouve pour ainsi dire portée par les cales.

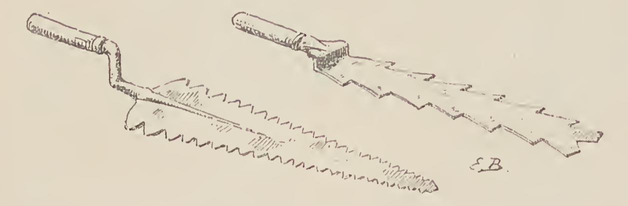


Fig. 100, 101. — Fiches à dents en fer.

D'ailleurs, quand on emploie ce mode de pose, la pierre est d'abord placée sur les cales et le mortier est introduit entre les pierres au moyen de la *fiche à dents de fer* (fig. 100, 101).

Quand on se sert du plâtre pour hourder, on fait usage du procédé suivant : on place les pierres sur les cales, on calfeutre le pourtour des joints et lits avec du plâtre ou une corde d'étoupe en conservant à la partie supérieure un godet formant entonnoir dans lequel on coule le mortier ou *coulis*.

MAÇONNERIE DE MOELLONS

Les moellons sont des blocs de pierre de petites dimensions qui peuvent facilement être manœuvrés à la main. Suivant les localités, on a les moellons calcaires, les moellons de roche, les moellons porphyriques, etc.



Fig. 102. — Mur en moellon (plan).

La maçonnerie de moellons est toujours faite en assez forte épaisseur, $0^{m},40$ est à peu près le minimum, elle se fait avec deux parements et le milieu rempli en petits matériaux (fig. 102); de temps en temps on met un moellon parpaing *a* qui fait liaison des deux parements.

Pour faire les angles de murs, on prépare d'avance les plus grands moellons et on les pose dans le genre de l'appareil que nous avons vu plus haut et qui est appelé *besace*, comme l'indique la figure 103.

Il faut employer : les moellons *durs de roche* pour les fondations, les soubassements et en général les parties devant résister à des pressions considérables; ceux *traitables* ou demi-durs

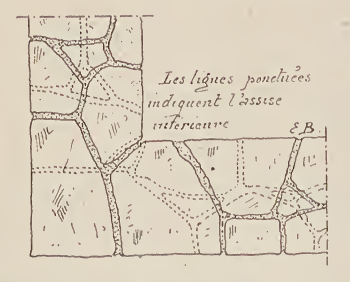


Fig. 103. — Moellon. Disposition d'angle.



Fig. 104. — Moellons bruts.

pour le corps des murs ordinaires ; enfin les moellons tendres, dans les parties hautes des constructions.

On distingue quatre sortes de maçonnerie de moellons :

1° Les moellons bruts (fig. 104) avec le parement grossièrement dressé. Les moellons employés ainsi n'ont subi aucun travail autre que celui de la carrière ; ils doivent avoir au moins $0^{m},20$ de longueur, $0^{m},15$ d'épaisseur et $0^{m},30$ de queue.

2° Les moellons smillés (fig. 105) sont dégrossis et rendus de forme régulière par une taille grossière sur les côtés et plus soignée sur la face ; ils servent dans la construction des voûtes

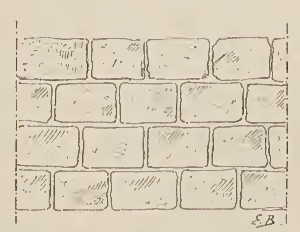




Fig. 105. — Moellons smillés.

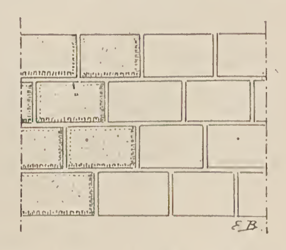


Fig. 106. — Moellons piqués.

et des murs dont la surface doit être seulement rejointoyée. La taille est faite à la *laye* par coups dirigés obliquement et tous dans le même sens, de manière à ne pas présenter plus de $0^{m},01$ entre le fond des flaches et le sommet des bosses.

3° Les moellons piqués (fig. 106) ont leur parement bien taillé, les arêtes droites, et la face vue entourée d'une ciselure ; ils s'appliquent aux mêmes usages que les précédents.

4° Les moellons appareillés, qui ne sont, à proprement parler, que de la pierre de taille de petit échantillon, sont parfaite-

ment équarris et parementés ; ils sont parfois employés simultanément avec la pierre de taille, comme le montre notre dessin.

Au point de vue de la pose, on distingue :

Le *moellon bloqué*, posé à sec ou à bain de mortier, sans tenir compte des joints ;

Le *moellon gisant*, posé sur son lit sans aucune taille ;

Le *moellon de plat*, dont le lit est taillé ;



Fig. 107. — Parpaings.



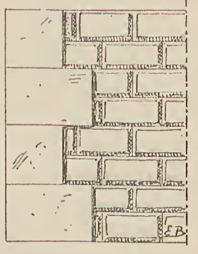


Fig. 108, 109. — Murs mixtes, pierres et moellons.

Le *moellon en coupe*, posé de champ dans les voûtes.

Nous le répétons, pour assurer la solidité de l'ouvrage, il est nécessaire d'entrelacer les blocs reliés entre eux par du mortier, et de placer des *parpaings* de distance en distance ; quand on construit une tête de mur, on met un parpaing par deux assises (fig. 107).

Fig. 110.
Mur mixte, moellons et briques.

Les moellons sont souvent employés avec la pierre (fig. 108, 109), ou encore avec la brique, en alternant une assise de moellons avec plusieurs assises de briques (fig. 110).

MAÇONNERIE DE MEULIÈRE

L'irrégularité de structure de la meulière est telle qu'on ne peut l'employer comme pierre de taille, mais on en fait des moellons très durs, très résistants, et ne s'altérant pas étant exposés aux influences atmosphériques. C'est un amas de concrétions quartzeuses dont le tissu est criblé de trous et auquel le mortier s'attache beaucoup mieux qu'au moellon.

Cette maçonnerie se fait de la même manière que celle en moellons ; elle est d'un bon emploi dans les maçonneries hydrauliques. Dans les maçonneries à parements, la meulière s'emploie aussi en moellons smillés et quelquefois piqués. Dans certaines constructions qui doivent présenter un aspect pittoresque, on la met en œuvre brute ou grossièrement smillée, et on remplit les joints des parements avec de la pierre meulière concassée dont on relie les fragments avec un mortier coloré.

Parmi les meulières, celles dites *caillasses* ne sont pas à rejeter, malgré leur poids considérable, elles peuvent être employées dans les fondations ou dans des murs de forte épaisseur, leur pesanteur ne présentant là aucun inconvénient.

La meulière *plaquette*, dont les deux faces sont à peu près parallèles, est très apte à former une bonne maçonnerie.

La meulière *piquée* a un parement dressé et des arêtes droites, la taille du joint est faite pour être perpendiculaire au lit.

Cette pierre se trouve presque toujours mélangée à des argiles rougeâtres ; il faut exiger qu'elle soit nettoyée, et pour des travaux soignés, résistants ou étanches, lorsqu'on l'associe à des mortiers de ciment d'un prix élevé, il faut faire la dépense d'un nettoyage supplémentaire à l'eau et à la brosse, pour avoir des surfaces et cavités propres, une adhérence absolue du mortier et un ouvrage ne laissant rien à désirer.

Rocaillage. — Le rocaillage est le complément presque indispensable du travail de la meulière. Cette opération consiste à placer des éclats ou fragments de meulière à bain de mortier dans les vides laissés par les pierres entre elles ; ces fragments sont plus ou moins gros suivant le genre de maçonnerie et se placent même après coup ; la maçonnerie étant terminée, on dégrade les joints, on met à nouveau du mortier et on enfonce dedans de petits morceaux de meulière (fig. 111).

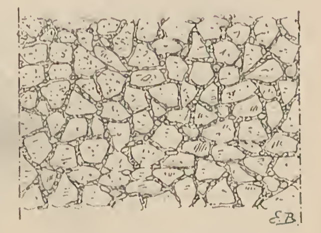


Fig. 111. — Rocaillage.

Exécuté pour recevoir un enduit, c'est-à-dire ne devant pas rester apparent, on rocaille pour arriver à former une surface suffisamment unie, de manière à avoir une épaisseur uniforme d'enduit et d'en faciliter l'adhérence ; c'est ce rocaillage qu'on emploie dans les fosses d'aisances, citernes et en général pour toute maçonnerie de petits matériaux irréguliers devant rester étanche. Le rocaillage s'exécute aussi sur le moellon, dans le

même but, c'est-à-dire pour donner une adhérence plus grande aux mortiers formant l'enduit.

Les rocaillages d'*ornementation* sont apparents, ils garnissent des parements de murs en meulière ou en moellon, forment des panneaux, etc. (fig. 112). Ils sont composés de coquillages et de petits éclats de meulière et de mâchefer de $0^{m},03$ à $0^{m},04$ de côté, que l'on scelle sur un crépi de mortier de chaux, de ciment romain ou même de plâtre coloré. On peut faire cuire la meulière avant de la concasser; on obtient ainsi des éclats d'une couleur plus agréable et plus vive.

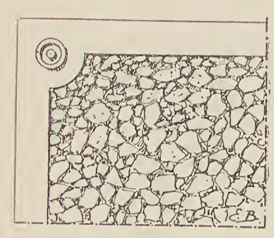


Fig. 112.
Rocaillage et enduit.

Les panneaux ainsi formés comprennent toutes les formes géométriques : triangles, losanges, rectangles, ovales ou ellipses, cercles, etc., et sont encadrés de bandeaux en mortier, en plâtre ou en pierre.

La meulière, présentant une fort belle couleur, convient surtout aux constructions rustiques, maisons de plaisance, etc., auxquelles elle donne un aspect très agréable.

MAÇONNERIE DE BRIQUE

Les briques sont de petits matériaux céramiques formés d'une terre argileuse moulée et soumise à la cuisson. Elles sont d'un emploi très facile à cause de leur régularité de forme, et peuvent être utilisées dans des constructions de tous genres.

Les épaisseurs des murs en briques sont la conséquence même de la dimension des matériaux qui ne sont pas les mêmes dans tous les pays.

En Allemagne, la brique a $0^{m},25$ de longueur, $0^{m},12$ de largeur et $0^{m},065$ d'épaisseur. Un mètre cube de maçonnerie en prend 400. Avec cette brique, les différentes épaisseurs de murs sont :

Mur d'une brique d'épaisseur	$0^{m},25$	avec enduits	$0^{m},28$
— d'une brique et demie d'épaisseur	$0^{m},38$	—	$0^{m},41$
— de deux briques d'épaisseur	$0^{m},51$	—	$0^{m},54$

En Autriche, la brique a $0^{m},29 \times 0^{m},14 \times 0^{m},065$, et les épaisseurs de murs enduits non compris, sont :

Mur d'une demi-brique d'épaisseur	$0^{m},14$
— d'une brique d'épaisseur	$0^{m},29$

Mur d'une brique et demie d'épaisseur 0^{m},44 (joint compté pour 0^{m},01)
— de deux briques d'épaisseur 0^{m},59

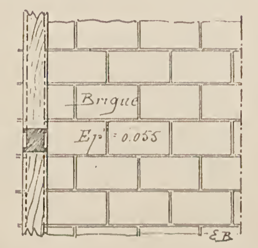
Un mètre cube de maçonnerie emploie environ 300 briques.

En Hollande, la brique a 0^{m},24 × 0^{m},115 × 0^{m},055 ; 1 mètre cube de maçonnerie nécessite 495 briques.

En France, et particulièrement à Paris, la brique a 0^{m},22 × 0^{m},11 × 0^{m},065 et il en faut 560 par mètre cube de maçonnerie, 130 par mètre superficiel de mur de 0^{m},22 d'épaisseur, 65 par mètre carré de cloison de 0^{m},11, et 38 pour cloison de 0^{m},065 d'épaisseur.

La brique de Bourgogne a 0^{m},22 × 0^{m},11 × 0^{m},054 ; il en entre 630 par mètre cube de maçonnerie, 140 par mètre superficiel de mur de 0^{m},22 d'épaisseur et 70 dans 1 mètre carré de cloison de 0^{m},11, et 38 pour cloison de 0^{m},06 d'épaisseur.

Cloisons en briques sur champ. — La cloison en brique s'emploie dans les distributions intérieures où elle remplace le carreau de plâtre là où l'humidité interdit l'emploi de ce dernier ; on est obligé de consolider cette cloison par des



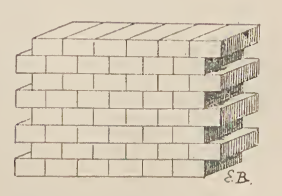


Fig. 113, 114. — Brique sur champ. Fig. 115. — Appareil en boutisses.

poteaux en bois (poteaux de remplissage) écartés au maximum de 2 mètres (fig. 113). Ces cloisons font d'excellentes distributions de caves.

Cloisons en briques à plat ou panneresses. — Pour les cloisons devant présenter une certaine solidité, on emploie la brique dans sa dimension moyenne, soit 0^{m},11, en ayant soin de croiser les joints (fig. 114). (Nous utilisons la figure 113, la hauteur des joints étant seule différente.)

Murs en briques de 0^{m},22. — Le mur en briques de 0^{m},22 peut être fait au moyen de différents appareils :

1° En briques boutisses (fig. 115), la brique faisant toute l'épaisseur.

2° En boutisses et carreaux (fig. 116), c'est-à-dire chaque assise formée de boutisses et panneresses alternées.

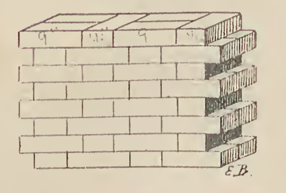


Fig. 116. — Boutisses et carreaux.

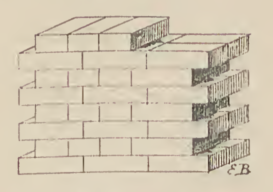


Fig. 117. — Boutisses et panneresses.

3° Par assises de boutisses alternées d'assises de panneresses (fig. 117).

Murs en briques de 0m,35. — L'épaisseur du mur en brique ne peut varier que de 0m,11 d'épaisseur plus un joint, de sorte que la brique de 0m,22 augmentée de 0m,11 donne 0m,33, plus un joint, soit 0m,34 à 0m,35.

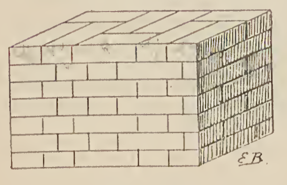


Fig. 118.
Mur d'une brique et demie.

L'appareil pour mur de 0m,35 est variable :

1° Le parement composé d'assises alternées formées par deux boutisses et une panneresse (fig. 118).

2° Avec une panneresse et une boutisse alternées, le vide résultant rempli par une demi-brique.

Murs en briques de 0m,46. — Pour ce genre de murs,

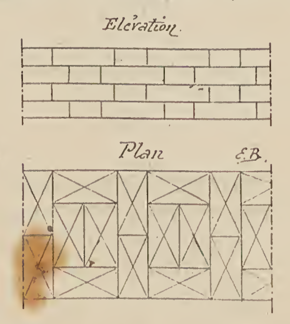


Fig. 119, 120. — Mur de deux briques.

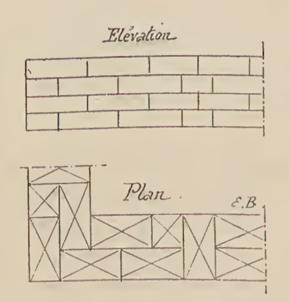


Fig. 121, 122. — Angles en briques.

l'appareil usité est celui que nous représentons (fig. 119, 120).

Angles des murs en briques. — La règle à observer tout d'abord consiste à faire alterner les assises de boutisses avec les assises de panneresses (fig. 121, 122). Ensuite, disposer de la même manière les assises correspondantes des murs de même direction, en sorte que l'on ait aux angles une assise de briques boutisse dans un sens, et une assise de panneresse dans l'autre.

Baies dans les murs en briques. — Dans les constructions ordinaires, les feuillures dans les pieds-droits des baies pratiquées dans les murs de $0^{m},22$ se font tout simplement en laissant passer tous les deux rangs une brique panneresse (fig. 123); les intervalles sont ensuite remplis en faisant les enduits. Parfois aussi, on taille la feuillure dans la brique après que les pieds-droits sont montés.

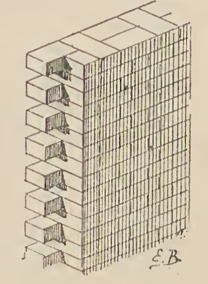
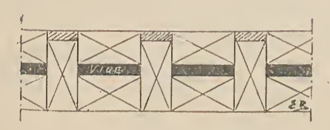


Fig. 123. Jambage de baie en briques.

Murs creux en briques. — Les murs avec couche d'air isolante sont très fréquemment employés dans le nord de l'Europe pour les bâtiments exposés à la pluie et au vent. Ils se composent de deux parois séparées par une couche d'air dont



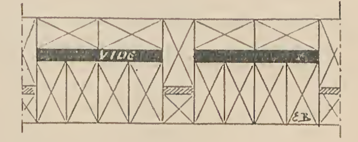
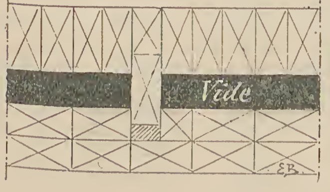


Fig. 124, 125. — Murs creux.

l'épaisseur équivaut à un quart de brique. La paroi extérieure, exposée à l'humidité et au froid, doit avoir au moins une



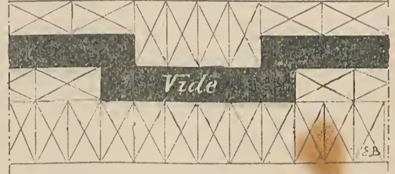


Fig. 126, 127. — Murs creux.

brique d'épaisseur ; quant à celle intérieure, il faut lui donner une épaisseur assurant la consistance nécessaire pour servir

à usage d'habitation, généralement une demi-brique suffit (fig. 124).

Les deux parois doivent être reliées de distance en distance par une brique traversant le vide et manquant d'un quart pour faire l'épaisseur (fig. 125).

Voici (fig. 126, 127) d'autres dispositions pour murs d'épaisseurs plus considérables.

Murs en briques creuses. — Ne diffèrent en rien comme appareil, les dimensions seules varient suivant que les briques sont à deux ou un plus grand nombre de trous (fig. 128, 129 et 130). On peut faire des murs de clôture très résistants en briques avec montants de remplissage en fers I ; on peut laisser dépasser ces derniers et avec des fils tendus faire une ornementation végétale d'un excellent effet (fig. 131, 132).

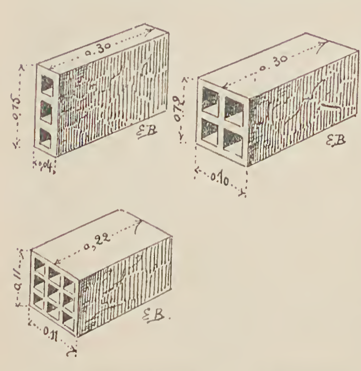


Fig. 128, 129, 130. — Briques creuses.

Nous citerons enfin les murs de clôture sans enduits, que fait la « Société anonyme des tuiles isolantes d'Ivry-Port », qui sont d'un aspect agréable et d'une grande solidité.

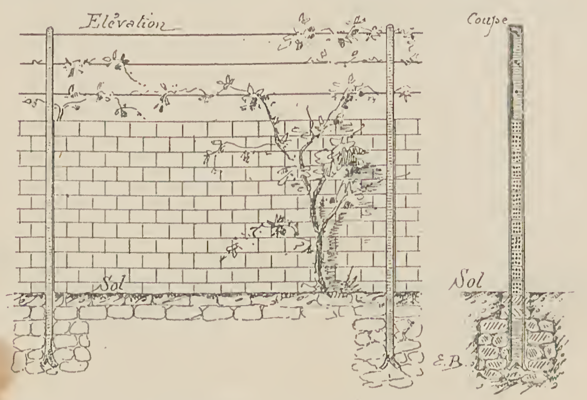


Fig. 131, 132. — Mur de clôture en brique et fer.

Le mur, que nous représentons complet (fig. 133), se compose de briques percées de quatre grands trous et mesurant

0m,35 × 0m,22 × 0m,22 rainées de canaux pour permettre au mortier de gripper. Les constructeurs qui ont innové ce genre de clôture se sont sagement préoccupés de la recouvrir, et pour cela ont imaginé un chaperon tuile à deux égouts de la même longueur que la brique, c'est-à-dire 0m,35, et avec joint à recouvrement.

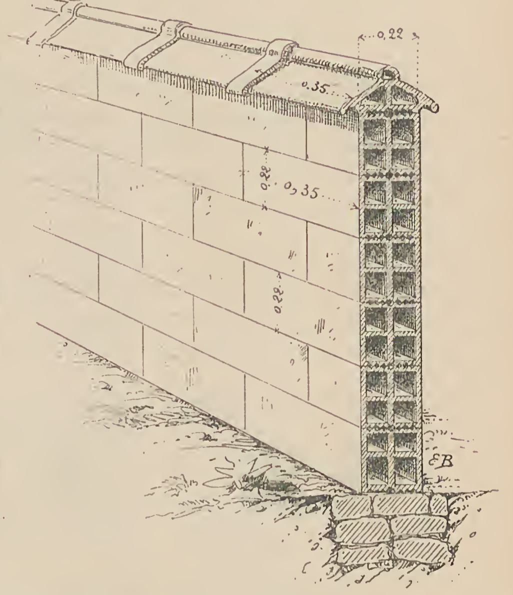


Fig. 133. — Mur de clôture en poterie.

Il entre environ 13 briques-moellons au mètre superficiel. (Exactement 12,5.)

Le poids d'une brique est de 13kg,500.

Le poids du mètre superficiel de mur est de 169 kil.

Il entre environ trois pièces de chaperon au mètre linéaire.

Le poids d'une pièce est de 6kg,500.

Le poids du mètre linéaire est de 19kg,500.

Le poids d'un couvre-joint est de 1kg,500.

CONDUITES DE FUMÉE DANS LES MURS

Comme dans la construction moderne c'est toujours en brique ou en poterie que se font les conduites de fumée encastrées dans les murs ou y adossées, nous placerons ici ce sujet.

(Au chapitre *Chauffage*, nous donnons plus loin l'ordonnance de police du 1er septembre 1897 et l'arrêté du préfet de la Seine du 15 janvier 1881 qui donnent d'utiles renseignements concernant les cheminées adossées ou engagées dans les murs.)

Jadis les conduites de fumée étaient à grande section, de manière à permettre au ramoneur de circuler dans la cheminée; aujourd'hui dans nos villes où le terrain coûte si cher on ne peut plus donner ces dimensions grandioses qui occupent une place pouvant être plus utilement employée, et la section

moindre étant suffisante pour assurer un bon tirage il n'y a que le mode de ramonage de changé.

Etudions maintenant quelques-uns des cas qui peuvent se présenter dans la pratique.

Conduites dans l'épaisseur d'un mur mitoyen. — Le règlement interdit ces conduites, mais elles sont tolérées et même implicitement acceptées puisqu'il est d'usage que, quand un propriétaire mitoyen surélève un mur, il doit continuer à ses frais les conduites engagées desservant les cheminées de son voisin ; tandis qu'au contraire, celles adossées doivent être continuées par l'autre propriétaire.

Dans un mur mitoyen dont l'épaisseur varie de $0^m,45$ à $0^m,50$, on peut construire les conduites de fumée en briques, et le mur prend alors la section que nous indiquons (fig. 134), la

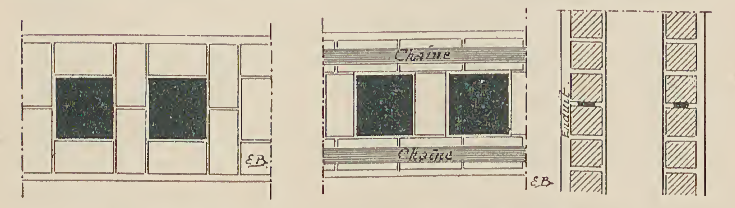


Fig. 134, 135, 136. — Conduites de fumée en briques.

paroi isolante étant toujours d'au moins $0^m,11$ (sans l'enduit). On appelle *languettes* les cloisons séparatrices des conduites qui ont aussi une demi-brique d'épaisseur ou $0^m,11$; il faut particulièrement soigner la construction de ces cloisons et les enduits de chacune des conduites, de manière à empêcher toute communication entre elles.

On reproche à ces conduites d'affaiblir les murs et de nuire à la stabilité de l'ensemble, et cela est vrai ; mais il est cependant un moyen, que nous avons employé souvent et qui assure au mur, creux en partie, une liaison bien complète. C'est simplement l'emploi de deux chaînes passant de chaque côté des conduites et parfaitement ancrées aux deux extrémités (fig. 135 et 136).

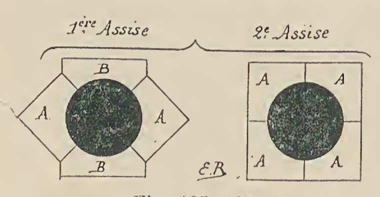


Fig. 137, 138.
Conduites en briques spéciales.

On fait aussi des conduites de fumée à section circulaire en

employant des briques moulées spécialement pour cet usage. Les figures 137, 138, 139, 140 montrent la disposition de deux

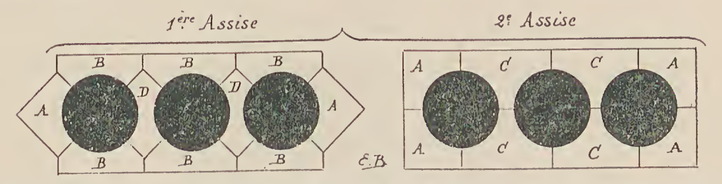


Fig. 139, 140. — Briques spéciales pour conduites de fumée dans les murs.

assises successives, et les briques qui les composent prennent les noms suivants, qui leur sont donnés à cause de leurs formes respectives :

A se nomme *équerre ;*
B — *plat à barbe ;*
C — *chapeau de commissaire ;*
D — *violon.*

Ces briques se font de 0m,065 à 0m,075 d'épaisseur et de diverses dimensions pour former cheminées dans des murs de 0m,40, 0m,45 et 0m,50, et, la paroi n'ayant que 5 à 6 centimètres d'épaisseur, elles laissent la place pour un renformi de 2 1/2 à 3 centimètres à faire avant l'enduit. C'est dans le but d'isoler davantage la menuiserie qu'on adopte le renformi.

Conduites de fumée en poteries rondes et carrées. — Dans les constructions très économiques et quand on n'est pas gêné par les règlements, on emploie souvent la poterie ronde de 0m,19 (fig. 141), qui est facile à loger surtout dans le cas des cheminées d'angle comme on peut facilement s'en rendre compte par le croquis (fig. 142). Ces poteries, faites carrées ou rectangulaires, prennent le nom de *boisseaux.*

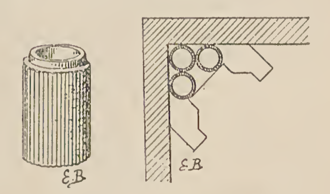


Fig. 141. Fig. 142.
Poteries rondes.

Les tuyaux de fumée construits en wagons à section carrée ou rectangulaire sont très employés dans les constructions actuelles.

Ces wagons se font pour murs de 0m,25, 0m,37, 0m,40, 0m,45, 0m,50, enduits compris ; ils ont une épaisseur de 0m,04 à 0m,06, présentent en section la forme d'un D et sont faits par bouts de

$0^{m},16$ à $0^{m},25$ suivant les fabricants (fig. 143, 144, 145, 146, 147). En posant ces wagons, on doit avoir soin de placer les crochets alternativement à droite et à gauche de manière à lier la conduite avec la maçonnerie.

Comme il est presque toujours impossible dans une construc-

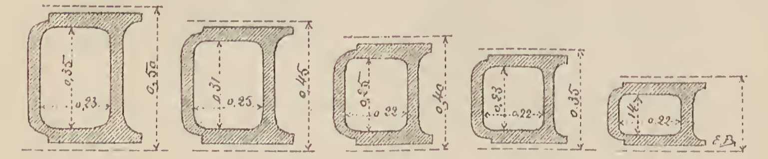


Fig. 143, 144, 145, 146, 147. — Différents types de wagons.

tion de monter verticalement toutes les cheminées, on est forcé de les *dévoyer*, c'est-à-dire de les incliner à droite ou à gauche, suivant les nécessités; pour cela on fabrique des wagons

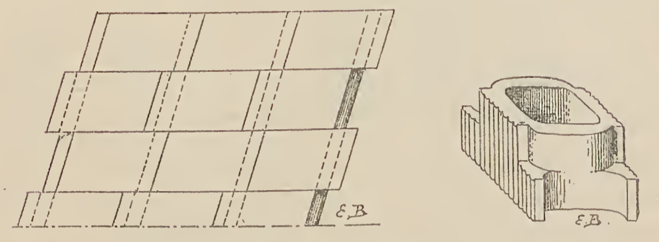


Fig. 148. — Wagons dévoyés. Fig. 149. — Wagons Lacôte.

dévoyés (fig. 148) qui permettent toujours de reporter la conduite à l'endroit qu'elle doit occuper. Le règlement indique un angle sur la verticale de 30°, comme inclinaison maximum.

Les wagons solidaires système Lacôte sont certainement ce que nous connaissons de plus parfait dans le genre, et cela parce que, dans ces wagons, les joints ne sont pas à niveau les uns des autres. Ils coupent le joint en montant et, par la combinaison très étudiée des formes, distancent les joints les uns des autres de $0^{m},16$ en hauteur (fig. 149, 150, 151). Il n'y a ainsi aucune communication possible entre les conduites juxtaposées, ce qui arrive souvent avec les joints de niveau que donnent les wagons ordinaires.

Les wagons dévoyés se font comme dans les autres systèmes et les fabricants préparent des demi-wagons, soit pour faciliter le passage des chaînes, soit pour araser les conduites en haut des souches.

Dans les constructions faites avec de petits matériaux, bétons,

maçonnerie de caillasse, etc., les conduites sont moulées au

Fig. 150, 151. — Mise en œuvre des wagons Lacôte.

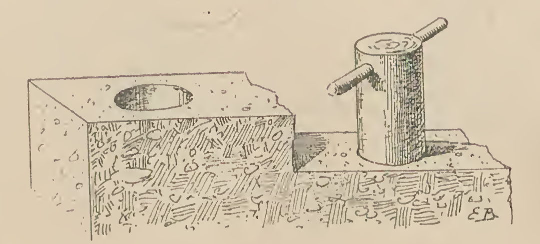


Fig. 152. — Conduites de fumée moulées.

fur et à mesure que l'on monte la maçonnerie. Pour cela, on emploie des mandrins cylindres ayant la forme que nous repré-

sentons figure 152 et qu'on relève en même temps que la maçonnerie monte.

Conduites de fumée adossées. — Ces conduites, entièrement habillées par une chemise en plâtre et dont les joints peuvent être facilement chevauchés, offrent moins de danger de communication que les autres, mais ont ce grand désavantage d'occuper dans les pièces une place considérable et de ne pouvoir être adossées que contre des murs de $0^m,25$ au moins d'épaisseur; cette obligation ne concerne que la construction parisienne; là où les règlements ne viennent pas gêner les constructeurs, on peut très bien adosser une cheminée à un mur d'une demi-brique, c'est-à-dire de $0^m,15$ d'épaisseur ce qui nous paraît assez raisonnable puisque d'autre part le même règlement autorise à faire passer les tuyaux de fumée à $0^m,16$ des pièces de bois, cette cote prise de l'intérieur de la conduite est donc inférieure à celle concernant l'adossement à une cloison de $0^m,15$ qui donne, y compris l'épaisseur de la conduite de $0^m,18$ à $0^m,19$, suivant que la poterie a $0^m,03$ ou $0^m,04$ de paroi (fig. 153).

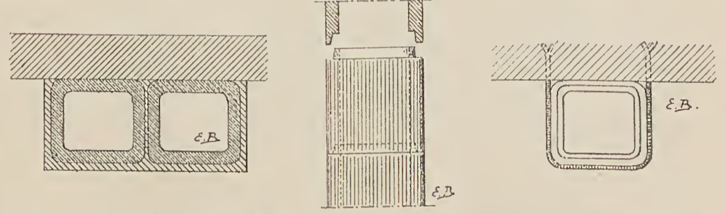


Fig. 153, 154, 155. — Conduites de fumée adossées.

Ces conduites, appelées *boisseaux*, ont environ $0^m,33$ de longueur et les dimensions ordinaires sont : $0^m,13 \times 0^m,15$; $0^m,17 \times 0^m,19$; $0^m,19 \times 0^m,22$; $0^m,16 \times 0^m,25$; $0^m,22 \times 0^m,25$; $0^m,25 \times 0^m,30$; $0^m,30 \times 0^m,30$. La surface extérieure est striée pour faciliter l'adhérence des enduits et chacun des éléments s'emboîte légèrement dans celui qui est immédiatement au-dessous (fig. 154) ; tous les $1^m,50$ on les fixe au mur au moyen d'un collier en feuillard, à scellements (fig. 155).

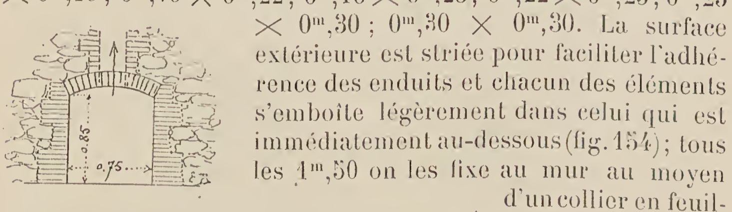


Fig. 156, 157. Fig. 158.
Foyer dans l'épaisseur du mur.

Foyer dans l'épaisseur du mur. — Lorsqu'on veut ménager un foyer dans l'épaisseur d'un mur,

on construit en brique toute la partie qu'il doit occuper. Si le mur est mitoyen, on doit construire le contre-cœur à la demi-épaisseur du mur (fig. 156, 157), tandis que dans un mur intérieur on peut donner au contre-cœur une épaisseur moindre, $0^{m},15$ au moins, de manière à réserver la place d'un appareil et à donner une profondeur suffisante au foyer (fig. 158).

Souches hors comble. — On appelle souche la partie de la cheminée qui émerge du toit. Les souches, pour assurer le

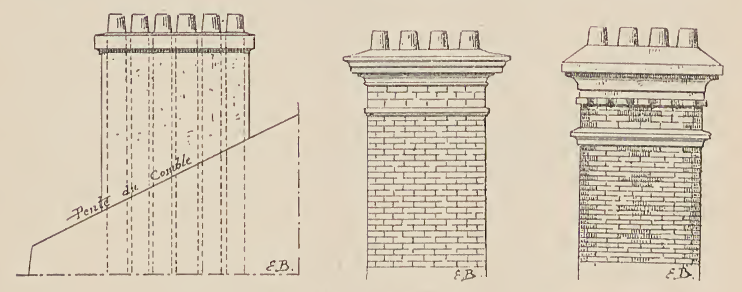


Fig. 159, 160, 161. — Types de souches.

tirage, doivent dépasser le faîtage, c'est-à-dire le point le plus haut du toit de $0^{m},40$ à $0^{m},60$ environ. Elles se font en plâtre,

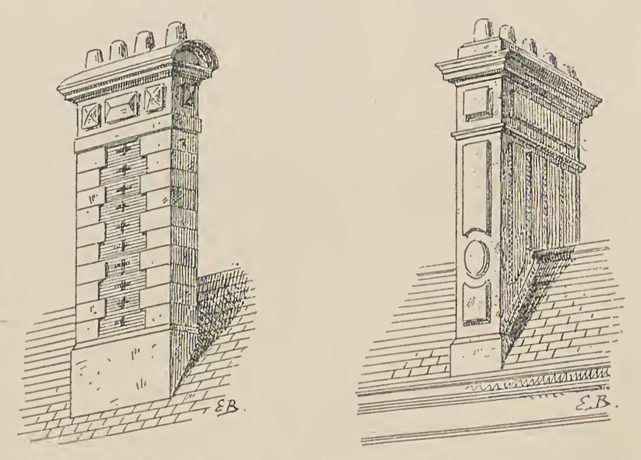


Fig. 162, 163. — Types de souches décoratives.

en poterie avec chemise en plâtre (fig. 159), en brique plus ou moins décorative (fig. 160, 161), enfin en pierre et brique ou en pierre (fig. 162, 163). Les souches en plâtre doivent toujours

avoir leur partie supérieure recouverte en zinc. Nous ne parlerons pas ici des cheminées en tôle qui n'ont de commun avec celles qui nous occupent ici que le diamètre ou la section de passage de la fumée.

LÉGERS OUVRAGES

Sous cette dénomination on comprend tous les ouvrages de maçonnerie exécutés en plâtre et en plâtras et plâtre, tels que : jointoiements, renformis, crépis, enduits, aires de planchers, cloisons, pans de bois, languettes et tuyaux de cheminées, plafonds, ravalement, moulures, etc., et que nous allons examiner brièvement.

Le *jointoiement* consiste à remplir avec du mortier, du ciment ou du plâtre les joints des matériaux composant les maçonneries.

On commence par refouiller et gratter les joints à $0^m,02$ ou $0^m,03$ de profondeur, on nettoie à vif, on brosse, on arrose à grande eau, puis on les remplit de mortier avec une petite truelle pointue, puis enfin on lisse le joint au fer ou on le laisse brut de truelle.

Les *renformis* sont des enduits d'une épaisseur plus considérable que ceux ordinaires, faits par suite d'épaisseur insuffisante des maçonneries ou pour redresser un mur.

On appelle *crépi* un enduit grossier qu'on applique sur les murs; on jette à la truelle le plâtre gâché très clair, ou bien si le plâtre commence à prendre dans l'auge, on l'étale à la *taloche*



Fig. 164. — Taloche.

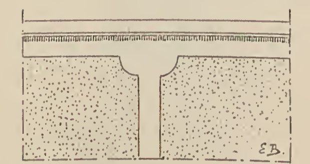


Fig. 165. — Crépi moucheté.

(fig. 164). Le crépi moucheté est fait d'un crépi ordinaire et d'un enduit jeté au balai (fig. 165); souvent, il est entouré d'un champ formant cadre, comme l'indique la figure.

L'*enduit* est un revêtement que l'on étend par couche mince sur les ouvrages de maçonnerie pour en rendre la surface unie de manière à pouvoir recevoir une tapisserie ou une peinture. On ne fait jamais d'enduits sur les murs en pierre à l'extérieur, et à l'intérieur, seulement quand les pierres ne sont pas régu-

lièrement taillées on fait un enduit qui est irrégulier, c'est-à-dire qu'il est enduit et renformi suivant les formes de la pierre. Sur la brique l'enduit se fait toujours dans les intérieurs et parfois à l'extérieur quand la brique n'est pas assez belle pour rester apparente.

L'*aire de plancher*, plus souvent appelée *hourdis de plancher*, est une sorte de cloison horizontale établie entre les solives composant un plancher. Nous en donnons la description en étudiant les planchers.

La *cloison légère*, dans le principe, était un pan de bois de peu d'épaisseur, latté sur chaque face, hourdé en plâtras et plâtre, et enduit aux deux côtés. Actuellement, on fait les cloisons en carreaux de plâtre avec enduits aux deux faces, et consolidés par des poteaux de remplissage en bois de $0^m,08 \times 0^m,08$ rabottés sur deux faces et nervés sur les autres pour permettre au plâtre d'adhérer fortement. On doit mettre des poteaux tous les $1^m,50$ au plus (fig. 166).



Fig. 166.

En traitant de la charpente nous examinons les *pans de bois* au point de vue de la construction de l'ossature ; nous n'aurons donc ici qu'à dire quelques mots du remplissage. Le hourdis ou maçonnerie de remplissage des pans de bois se fait de la manière suivante : on larde d'abord des *clous à bateau* sur les

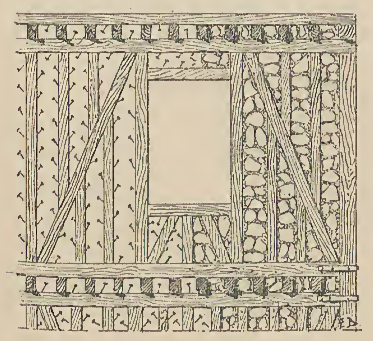


Fig. 167. — Hourdis de pan de bois.

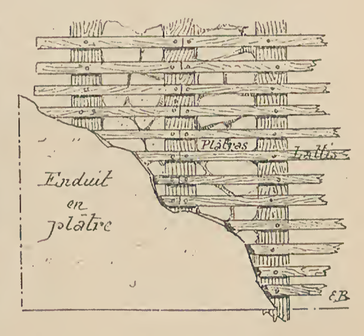


Fig. 168. — Enduit de pan de bois.

faces des pièces de bois pour que la maçonnerie y adhère plus intimement, puis on garnit les vides laissés par les bois avec des fragments de moellons, de briques ou de plâtras hourdés de mortier, de plâtre ou tout autre mortier suivant les localités. Souvent encore, on donne à la maçonnerie la même épaisseur

qu'à la charpente, puis on recouvre le tout d'un lattis destiné à recevoir l'enduit (fig. 167, 168).

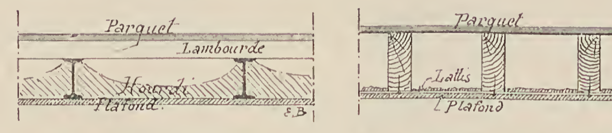


Fig. 169. — Plafonds sur hourdis. Fig. 170. — Plafonds sur lattis.

On appelle *plafond* le crépi et l'enduit qui recouvre en des-

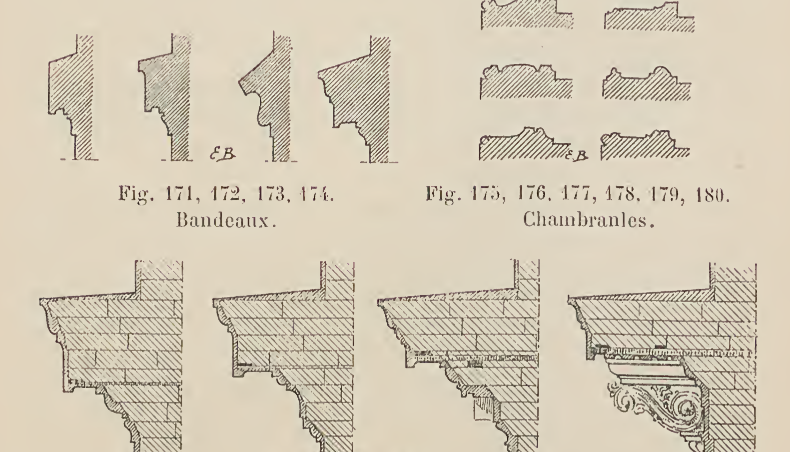


Fig. 171, 172, 173, 174.
Bandeaux.

Fig. 175, 176, 177, 178, 179, 180.
Chambranles.

Fig. 181, 182, 183, 184. — Corniches de couronnement.



Fig. 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194.
Corniches de plafonds.

sous un plancher en fer ou en bois, qu'il soit jeté sur le hourdis du plancher (fig. 169) ou simplement sur lattis (fig. 170).

Les *moulures*, dans les légers ouvrages, désignent les profils destinés à orner les façades des maisons, les différentes pièces composant les appartements ou servant à passer du plafond à la paroi verticale (fig. 171 à 194) et sur lesquels nous aurons encore l'occasion de revenir.

Échafauds. — Les échafauds sont des constructions provisoires en charpente, fixes ou mobiles, destinées à supporter les ouvriers et les matériaux pendant l'édification ou la réparation des édifices, des maisons ou ouvrages de maçonnerie quelconques. Ils sont formés d'un ou plusieurs planchers superposés et supportés par des pièces de bois reposant sur le sol ou s'appuyant sur les murs, soit aussi suspendus à des cordages.

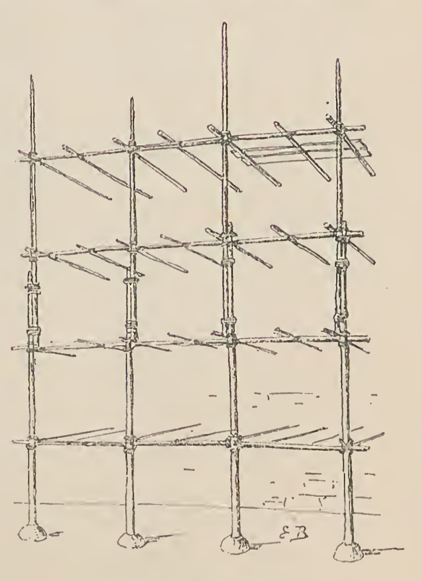


Fig. 195. — Échafaudage.

On ne saurait trop recommander d'apporter les plus grands soins à la construction des échafaudages; c'est de leur solidité que dépend la sécurité des ouvriers appelés à s'en servir.

On distingue deux sortes d'échafaudages : ceux construits par les maçons, et ceux exécutés par les charpentiers.

Les *échafauds de maçon* sont les plus simples et les plus généralement en usage; ce sont eux qui servent ordinairement dans le bâtiment. Il y en a trois sortes différentes :

1° Les échafauds sur plans verticaux (fig. 195), qui sont établis en posant à $1^{m},50$ environ du mur à élever des *échasses*, ou *écoperches*, espacées entre elles d'à peu près 2 mètres. On scelle les pieds des échasses dans le sol, ou même simplement au-dessus au moyen de massifs en moellon et plâtre et qu'on nomme *patins*. Ces échasses sont reliées entre elles par d'autres écoperches placées horizontalement et assujetties aux échasses par des cordages solidement noués. Ensuite, à des intervalles d'environ $1^{m},70$ à $1^{m},85$, et au fur et à mesure que la construction s'élève, on place horizontalement des *boulins* fixés aux

échasses par des cordages reposant sur les écoperches horizontales et scellés dans le mur à l'autre extrémité. Sur les boulins ainsi posés on établit un plancher provisoire en planches, dont l'épaisseur varie de 0m,03 à 0m,05 et qui sont frettées en feuillard aux deux bouts, ou en madriers dits plats-bords en ayant bien soin d'éviter les *bascules* ou planches placées presque en équilibre sur les boulins (fig. 196); cette disposition défectueuse est la cause la plus fréquente des accidents et souvent est attribuable à la malveillance. Les échasses et boulins restant à demeure jusqu'à la terminaison du travail qui les nécessite, on change seulement les planchers mobiles au fur et à mesure qu'on monte en ne laissant à chaque plancher précédent qu'une planche destinée au service, pour prendre les nus, les aplombs, les niveaux, etc.

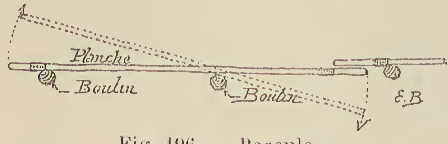


Fig. 196. — Bascule.

Si la construction est en pierre de taille, on comprend qu'il ne faut pas songer à sceller les boulins; on doit alors, tenant compte du plan, placer les échasses de manière à pouvoir faire passer les boulins par les baies et les fixer à l'intérieur au moyen de cordages sur des boulins verticaux ou horizontaux, suivant les cas représentés par les figures 197, 198.

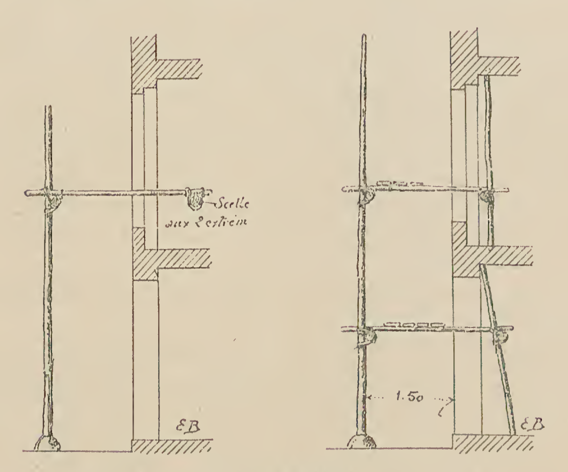


Fig. 197, 198. — Echafaudages non scellés.

La longueur des échasses n'étant pas toujours suffisante, on doit les *enter*, c'est-à-dire prolonger les échasses par d'autres

que l'on réunit aux premières au moyen d'une corde faisant un grand nombre de tours.

La grosseur des échasses à leur pied est de $0^m,15$ à $0^m,18$ environ et leur longueur varie de 5 mètres à 8 mètres. Les boulins ont en général $2^m,50$ de longueur et de $0^m,08$ à $0^m,12$ de diamètre.

2° Les *échafauds sur plans horizontaux* sont ceux destinés à construire les plafonds, les corniches et tous travaux horizontaux exécutés par-dessous ; c'est un plancher établi à la hauteur nécessaire pour permettre aux ouvriers de pouvoir travailler sans être obligés d'employer l'échelle (fig. 199). La construction en est la même que dans l'échafaudage précédent.

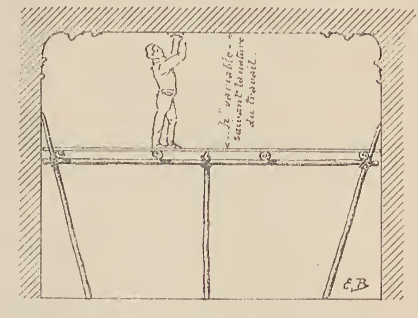


Fig. 199. — Echafaud sur plan horizontal.

3° Les *échafauds volants* qui sont employés pour les travaux partiels de peu d'importance, ou encore quand on ne peut

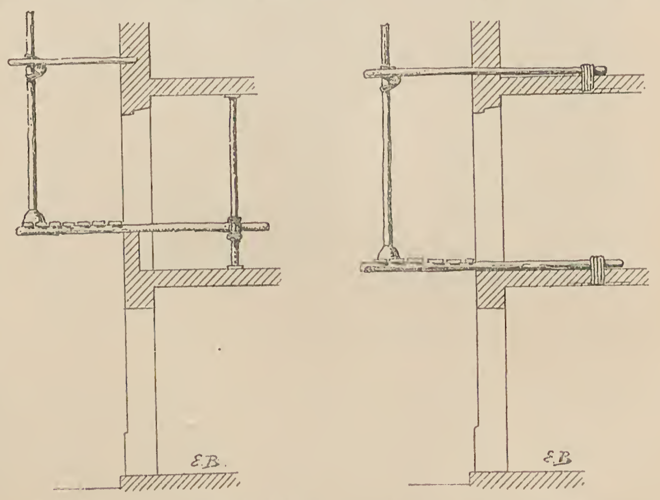


Fig. 200, 201. — Echafauds à bascule ou en encorbellement.

faire reposer sur le sol le pied des échasses. On utilise souvent le mode d'échafaudage dit *à bascule* (fig. 200) qui peut être établi de bien des façons différentes. Dans la figure ci-dessus nous en supposons l'application à un travail de réparations, mais

dans un travail neuf on peut prendre la disposition (fig. 201), en se servant du solivage, ou tout autre moyen, suivant l'endroit et les conditions où l'on se trouve.

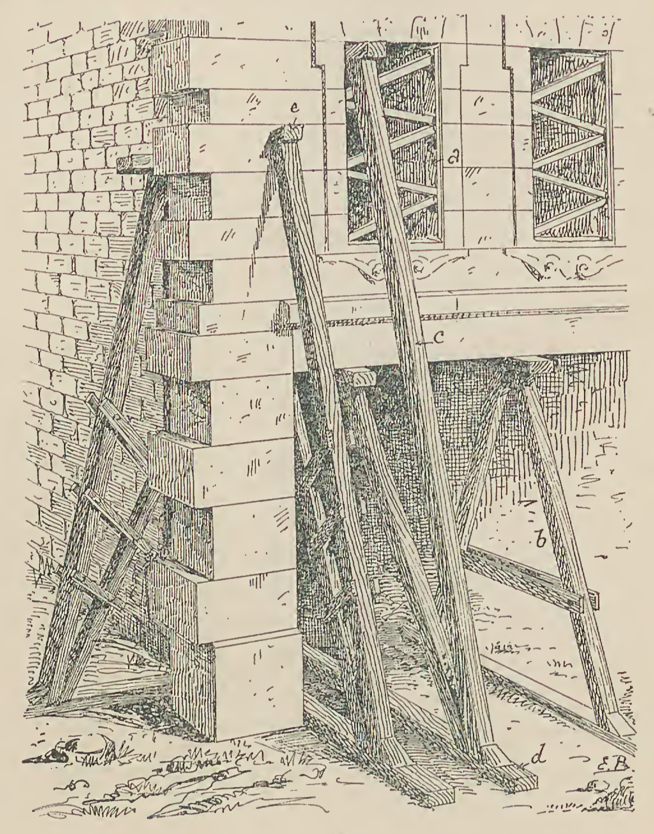
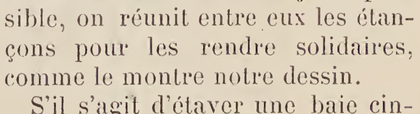


Fig. 202. — Etaiement.

Les *échafauds de charpentier* sont des échafauds d'assemblage ; ils sont en général destinés à des travaux devant durer plusieurs années, pour des monuments publics par exemple. Ils sont exécutés en bois équarris, entaillés et boulonnés, munis d'escaliers et parfois même fermés et couverts.

Etaiements. — On appelle étaiement une combinaison de bois de charpente disposée pour soutenir un mur qui menace ruine, reprendre en sous-œuvre une construction, ou encore s'opposer à l'éboulement des terres d'une tranchée.

On emploie les *étais* pour soutenir les parties supérieures d'un bâtiment lorsqu'on veut reprendre certaines parties en sous-œuvre, quand on veut pratiquer une ouverture dans un mur déjà construit. Dans la figure 202 nous supposons l'*étaiement* d'une façade et d'un mur pignon menaçant ruine. On a d'abord placé le long des jambages des fenêtres des *plates-formes* ou *couchis a* que l'on a serrés contre les tableaux au moyen d'étrésillons en zigzags coincés à force. Ensuite, on a soutenu le poitrail par des *chevalements b* en nombre nécessaire, et enfin les parties supérieures ont été soutenues par de grandes pièces de bois inclinées *c* appelées *étançons* reposant sur une semelle *d* et butant du haut contre une calle *e*. Souvent les étançons sont doubles, ils partent de la semelle en contact pour venir soutenir le mur en deux points différents et alors le plus petit vient buter sur un couchis ou est arrêté par une cale de même que l'autre. Pour éviter le flambement toujours possible, on réunit entre eux les étançons pour les rendre solidaires, comme le montre notre dessin.



S'il s'agit d'étayer une baie cin-

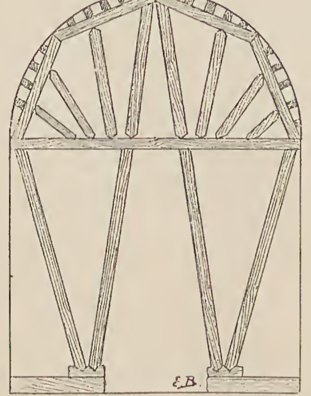


Fig. 203.
Etaiement d'une baie.

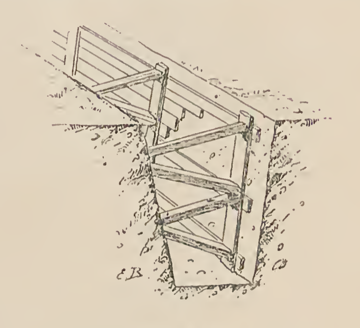


Fig. 204.
Etaiement d'une tranchée.

trée, on pourra prendre la disposition indiquée figure 203. Si enfin il s'agit de terres à soutenir on procédera par étançons et couchis dans le cas d'une excavation, et par couchis étrésillons s'il s'agit d'une tranchée (fig. 204).

Cintres en charpente. — Les cintres sont employés pour les arcs et les voûtes. Souvent, pour cintrer un arc unique ou ne devant pas rester apparent, on se contente de faire une forme en plâtras et plâtre (fig. 205), qu'on démolit après que l'arc est construit et a suffisamment pris son assiette.

Pour une baie ordinaire, la figure 206 donne un exemple de

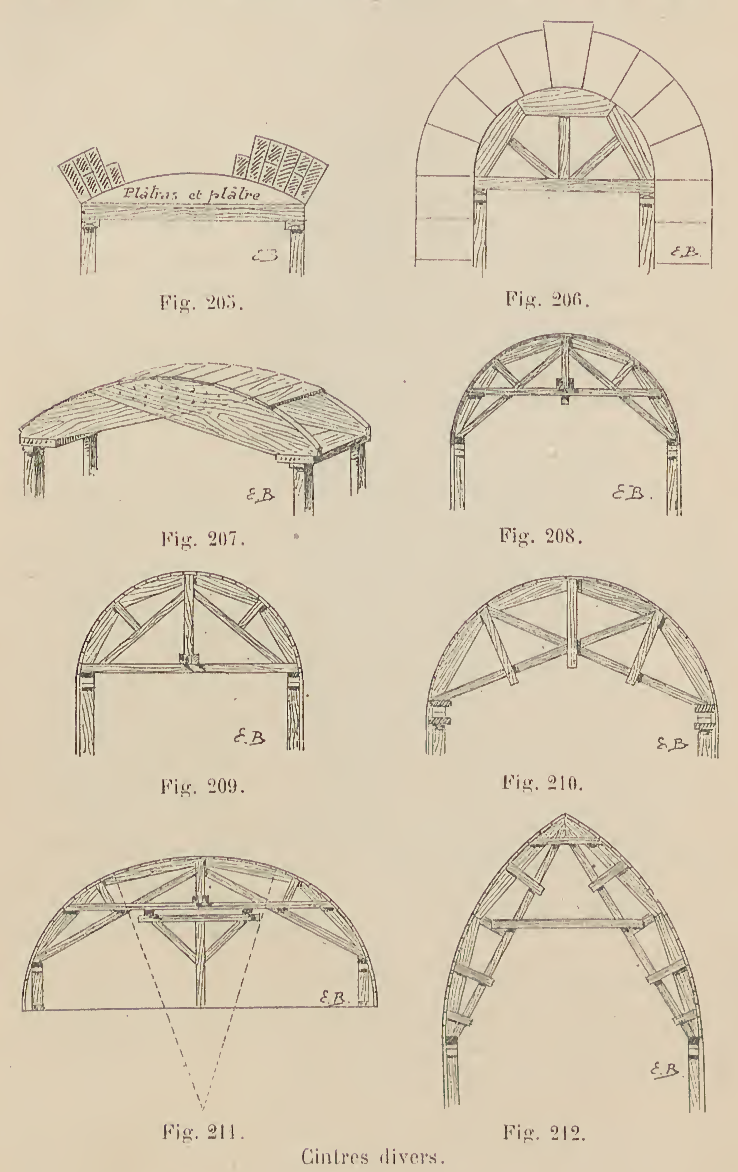


Fig. 205. Fig. 206. Fig. 207. Fig. 208. Fig. 209. Fig. 210. Fig. 211. Fig. 212.

Cintres divers.

ce qui peut être fait ; le cintre alors se compose de deux montants portant une traverse et le cintre proprement dit composé

de quatre ou six pièces. Pour la brique il est préférable de faire deux cintres en planches, réunis par un petit parquet (fig. 207).

Voici pour les voûtes proprement dites un certain nombre de

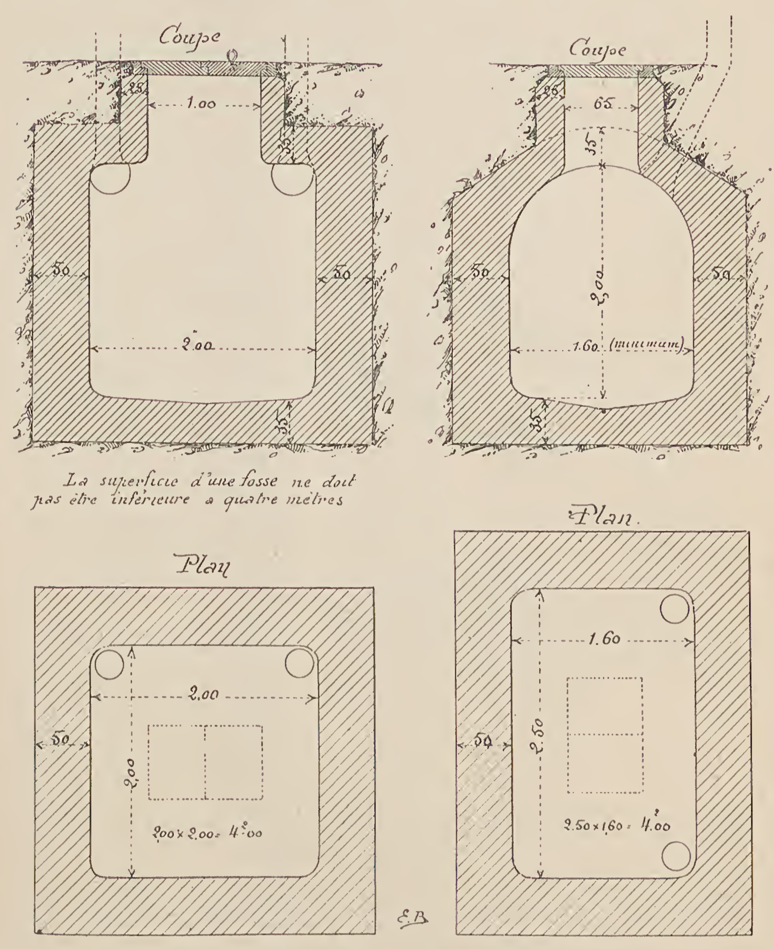


Fig. 213, 214, 215, 216. — Fosses d'aisances.

cintres pouvant trouver application, figures 208, 209, 210, 211, 212. L'espacement moyen des fermes de cintrage est d'environ $1^m,50$ d'axe en axe. Si la voûte est très légère, on peut augmenter cette dimension.

Fosses. — On distingue deux sortes de fosses : les fosses fixes et les fosses mobiles.

Toute propriété bâtie n'évacuant pas entièrement à l'égout doit être munie d'une fosse à l'usage de ses habitants.

A Paris un règlement donne les dimensions minima et les dispositions que doivent présenter les fosses ; nous représentons ces données figures 213, 214, 215, 216, dont on peut partir pour augmenter sans limite.

La surface minimum d'une fosse fixe doit être de 4 mètres carrés, et sa moindre largeur de 1m,60 ; d'où, pour obtenir la surface la plus restreinte, la seconde dimension devient 2m,50. La hauteur de la voûte mesurée sous l'intrados doit être de 2 mètres au moins.

Les murs constituant la fosse doivent avoir au moins 0m,45 d'épaisseur ; le radier et la voûte 0m,35 ; la flèche de l'arc doit être égale au moins aux deux tiers du rayon. La maçonnerie doit être en meulière, hourdée de mortier hydraulique, et après un rocaillage soigné, recouverte d'un enduit en ciment.

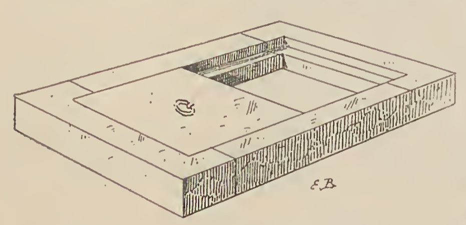


Fig. 217. – Tampon de fosse en pierre.

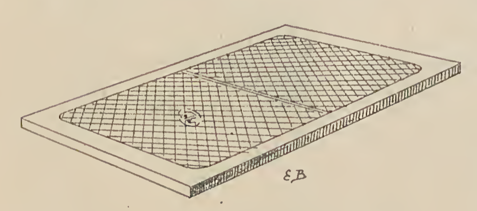


Fig. 218. — Tampon de fosse en fonte.

Le tampon d'extraction peut être en pierre ou en fonte (fig. 217, 218) ; il doit être en deux parties et avoir 1m × 0m,65 de passage libre, non compris l'encadrement. Dans le cas d'emploi de la pierre, le cadre peut être fait en quatre pièces, comme l'indique notre dessin.

S'il existe une cheminée d'extraction ayant plus de 1m,50 de hauteur, la plus grande dimension de sa section sera égale aux deux tiers de sa hauteur.

Le tuyau de chute doit déboucher directement dans la fosse, et, par le haut, être continué jusqu'à la hauteur des souches pour assurer sa propre ventilation.

Le tuyau d'évent, appelé dans la pratique *ventilateur*, est parallèle au tuyau de chute ; tous deux doivent avoir dans la fosse des pénétrations dont les génératrices rectilignes sont tangentes à l'arc de la voûte et à son sommet et ne pas présenter un diamètre inférieur à 0m,25 s'ils sont en poterie et 0m,20 en

fonte. (Cependant nous devons constater qu'on se contente généralement de tuyaux de $0^{m},19$, de diamètre, et nous voyons du reste dans les installations du « Tout à l'égout » l'administration autoriser pour les tuyaux de chute un diamètre intérieur de $0^{m},08$.) Comme le tuyau de chute, le tuyau de ventilation doit être continué aussi haut que les souches.

L'établissement d'une fosse est encore soumis à certaines obligations ; une fosse doit toujours être creusée à la plus grande distance possible d'un puits ; la distance la moindre est de $1^{m},30$, mesure prise des parements intérieurs. Quand la fosse est établie contre un mur mitoyen, il doit être fait un mur d'isolement appelé *contre-mur*, et qui doit avoir $0^{m},32$ d'épaisseur (fig. 219).

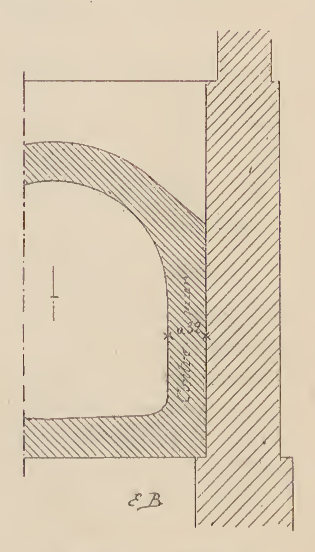


Fig. 219. — Contre-mur.

Les *fosses mobiles* sont en réalité de petits caveaux construits comme les fosses, mais avec une porte d'accès, et dans lesquels la voûte peut être remplacée par un plancher en fer hourdé en mortier de chaux hydraulique. Dans ces caveaux on place les fosses mobiles proprement dites qui sont formées de tonneaux ou récipients plus ou moins grands, en bois ou en métal, que l'on appelle aussi *boîtes* ou *tinettes*. On nomme *fosses inodores mobiles* les récipients qui sont munis d'un couvercle hermétique et luté. Une fosse mobile peut être à diviseur, c'est-à-dire munie d'un appareil qui opère la séparation des matières solides et de celles liquides. Dans le cas où les liquides sont déversés dans l'égout, la fosse est dite *filtrante à l'égout*.

Nous avons dit qu'on construit les fosses en meulière, c'est-à-dire qu'on doit, autant qu'on peut se la procurer, employer de préférence cette pierre qui donne toujours un très bon travail. La meulière doit être hourdée grassement de mortier de chaux hydraulique en formant bain contre la terre et ensuite rocaillée pour recevoir l'enduit.

Dans une fosse, tous les angles doivent être arrondis suivant un rayon de $0^{m},25$, et le fond doit former cuvette au droit du trou d'extraction.

La fosse est ensuite enduite sur toutes faces en mortier de ciment et reçoit enfin un glacis en ciment pur.

Branchements d'égouts. — Dans toutes les grandes villes maintenant, on dirige directement sur l'égout les eaux pluviales et ménagères, ce qui peut se faire simplement au moyen d'une canalisation. A Paris, toute propriété construite dans une rue possédant un égout doit être munie d'un branchement reliant l'égout à la propriété (fig. 220), et le type uniformément adopté pour les branchements particuliers a les dimensions suivantes : 2m,74 de profondeur de fouille, mesure prise sous pavage ; 2m,24 de hauteur d'égout mesurée du dessous du radier au-dessus de l'extrados ; 0m,90 de largeur hors-œuvre des murs au radier et 1m,30 de largeur hors-œuvre des murs à la naissance de la voûte. Les mesures intérieures, enduits faits, sont : 1m,80 de hauteur entre radier et clef de voûte, 0m,50 de largeur au radier, et 0m,90 de largeur à la naissance de la voûte.

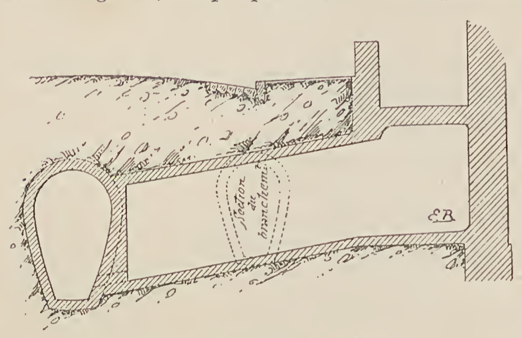


Fig. 220. — Branchement d'égout.

La maçonnerie des branchements a 0m,20 d'épaisseur en meulière hourdée de mortier composé de deux parties de ciment de Vassy et cinq parties de sable de rivière ; sur l'extrados de la voûte il doit être fait une chape de 0m,02 d'épaisseur en mortier de ciment ; les enduits intérieurs sur voûte et pieds-droits ont 0m,01 à 0m,02 d'épaisseur en mortier composé d'une partie de ciment et une partie de sable : l'enduit du radier sera de 0m,03 d'épaisseur en mortier composé d'une partie de ciment de Portland et de trois parties de sable de rivière.

DES ARCS

Toutes les constructions primitives comportent l'architrave, pièce franchissant l'espace entre deux points d'appui ; ce n'est que par une suite de tâtonnements que les constructeurs arrivèrent à la conception de l'arc ; ils commencèrent d'abord par

franchir une distance en posant les pierres en encorbellement (fig. 221), ou pour de petits arcs, en évidant deux pierres comme

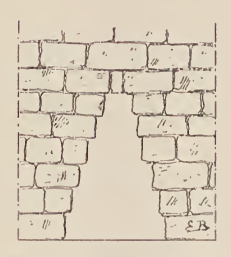


Fig. 221. — Encorbellements.

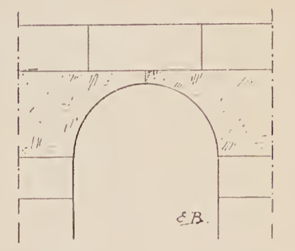


Fig. 222. — Arcs en pierres évidées.

dans notre figure 222, puis enfin arrivent à l'arc composé de claveaux et reportant les charges verticalement sur les points d'appui.

L'arc est un assemblage de pierre, de moellon ou de brique qui permet de franchir un espace plus ou moins grand au moyen d'une courbe. Sans tenir compte de la matière employée nous allons examiner successivement les différentes formes d'arcs.

L'*arc en plein cintre* (fig. 223) est le plus simple de tous parce que sa forme régulière permet de le construire d'une série de claveaux absolument semblables. Avec les claveaux pénétrant dans l'appareil de pierre on n'a pas le même avantage, chacun des éléments nécessite une coupe spéciale qui occasionne une perte de pierre assez considérable (fig. 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230). Construit en brique, il affecte l'aspect que nous donnons figure 231, 232.

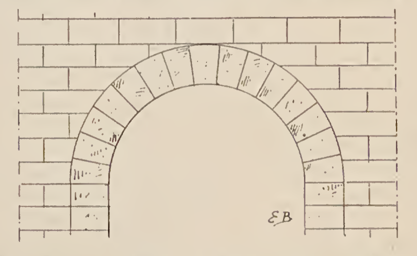


Fig. 223. — Arc appareillé. (Plein cintre.)

L'*arc surbaissé* ou *bombé*, formé d'un arc de cercle (fig. 233, 234), dont le centre se trouve au-dessous des naissances.

L'*arc en ogive* ou *aigu*, caractérise surtout l'architecture du XIIe au XVIe siècle et présente un certain nombre de variétés.

1° L'arc en *tiers-point* (fig. 235), dans lequel le sommet et les centres forment un triangle équilatéral ; 2° l'*ogive à lancette* (fig. 236) formée par deux arcs qui ont leurs centres en dehors

des naissances ; 3° l'*ogive surbaissée* (fig. 237), dans laquelle

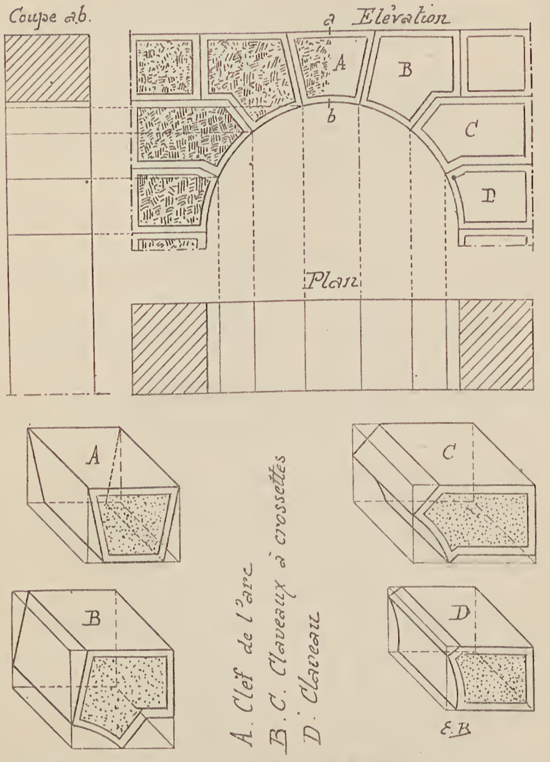


Fig. 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230. — Détails d'appareil d'arc.

les rayons des arcs sont contenus en dedans des naissances, ou encore avec quatre centres, comme le montre la figure 238 ; 4° enfin l'arc en ogive employé dans l'architecture anglo-saxonne et nommé l'*arc Tudor* (fig. 239).

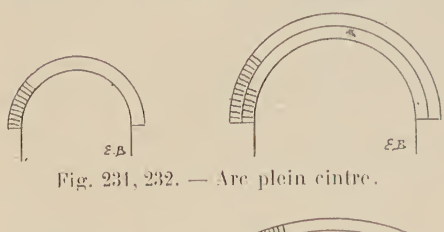


Fig. 231, 232. — Arc plein cintre.



Fig. 233, 234. — Arcs surbaissés ou bombés.

L'*arc brisé* ou *angulaire* (fig. 240).

L'*arc outrepassé*, caractéristique de l'architecture arabe, se fait en plein cintre et en ogive (fig. 241 et 242).

L'*arc déprimé*, qui est formé d'une plate-bande appareillée, réunie aux pieds-droits par deux quarts de cercle (fig. 243), cette forme est moins favorable à la brique.

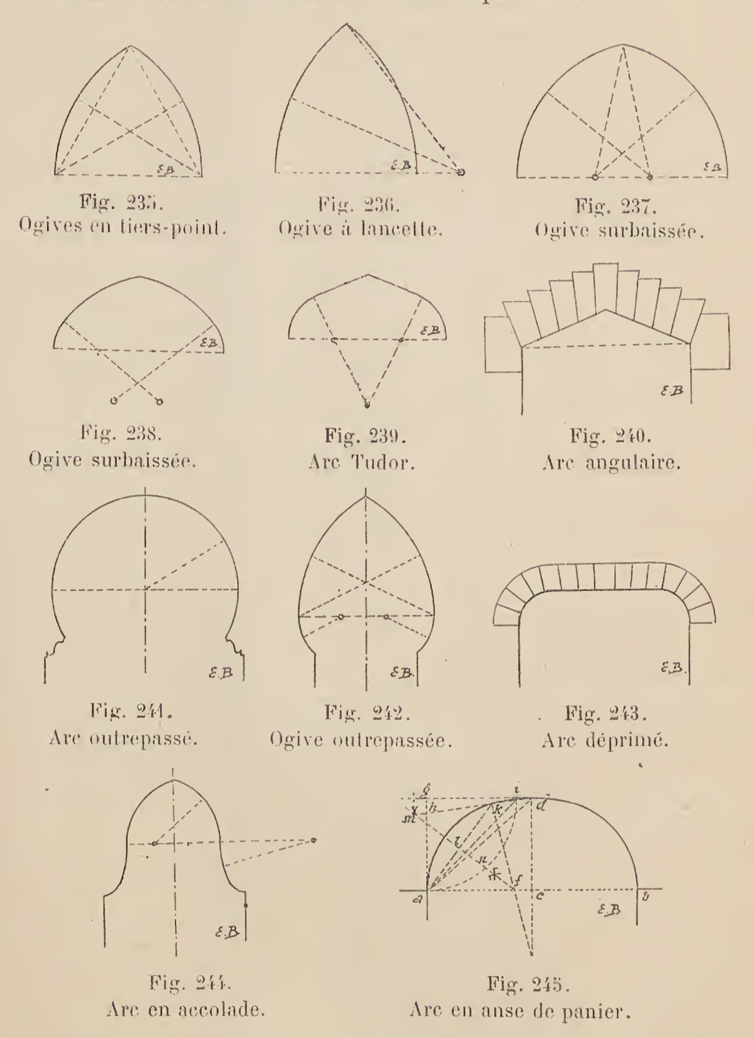


Fig. 235. Ogives en tiers-point.

Fig. 236. Ogive à lancette.

Fig. 237. Ogive surbaissée.

Fig. 238. Ogive surbaissée.

Fig. 239. Arc Tudor.

Fig. 240. Arc angulaire.

Fig. 241. Arc outrepassé.

Fig. 242. Ogive outrepassée.

Fig. 243. Arc déprimé.

Fig. 244. Arc en accolade.

Fig. 245. Arc en anse de panier.

L'*arc surhaussé* est un plein cintre dont les claveaux sont continués en contre-bas du centre.

L'*arc en accolade*, à quatre centres (fig. 244).

L'*arc surbaissé* ou en *anse de panier* est composé de plusieurs arcs de cercle. On construit l'anse de panier avec 3, 5, 7, 9

ou 11 centres. Le grand axe donne la portée de la courbe et le petit axe sa flèche ; on a presque toujours ces deux données.

Pour tracer une anse de panier à trois centres (fig. 245), on porte sur la perpendiculaire menée par le milieu du grand axe *a b* une longueur *c d* égale à la flèche donnée, puis on complète le rectangle *a c d g* sur les lignes *a c* et *c d*. On fait *g i* égal à *g a* et l'on porte en *g h* une longueur égale à la différence *i d*. On joint les points *h*, *d* et *a*, *i* et l'on porte en *a* un angle *i a k* égal à *g d h*. Le côté de cet angle coupe *h d* en *k*. Par le milieu de *a k*, on mène une perpendiculaire *m n* qui vient couper *a b* en *f*. En joignant *k* et *f* et en prolongeant cette droite jusqu'à son intersection avec *c d* en *e*, on a aux points *f* et *e* les centres cherchés. Pour tracer la courbe il suffit alors de décrire l'arc *a k* du point *f* comme centre avec *a f* pour rayon et l'arc *k d* des points *e* comme centre avec *k e* pour rayon.

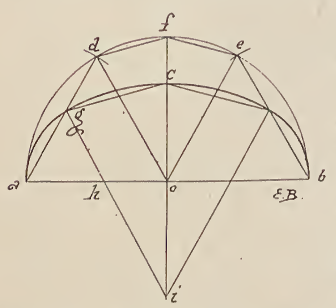


Fig. 246. — Tracé à trois centres.

Un autre mode de tracé consiste à diviser en trois un demi-cercle établi sur la portée (fig. 246), puis former un polygone *a d f e b*, et, marquant la hauteur de la flèche, porter deux parallèles à *d f* et *f e*, ensuite du point *g* porter une parallèle à *d o* et l'intersection sur l'axe donnera le grand rayon *i g* ; l'intersection sur la portée en *h* donnera le rayon de raccord.

Plus la flèche d'une anse de panier est petite, plus il faut augmenter le nombre des centres, afin d'éviter les jarrets et les défauts de continuité dans la courbure de l'arc ; il ne suffit pas de raccorder les différents arcs sur un point tangentiel rigoureux, il faut encore ne pas passer brusquement d'un grand rayon à un petit, il faut en prendre d'intermédiaires qui adoucissent la courbe et la rapprochent d'une courbe continue. Ainsi, par exemple, l'anse de panier à trois centres n'est admissible que pour des flèches supérieures au tiers de la portée ; celles à cinq et sept centres, pour des flèches supérieures au quart de la portée.

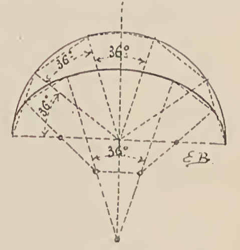


Fig. 247.
Tracé à cinq centres.

Les figures 247, 248, 249 indiquent la manière de faire pour

les anses de panier à 5 9 et 11 centres.

Les *arcs de décharge* rendent de grands services en construction. On soulage de cette manière un poitrail

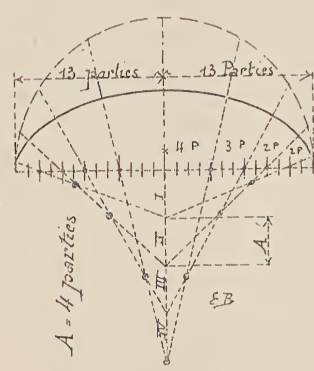


Fig. 248. — Tracé à neuf centres.

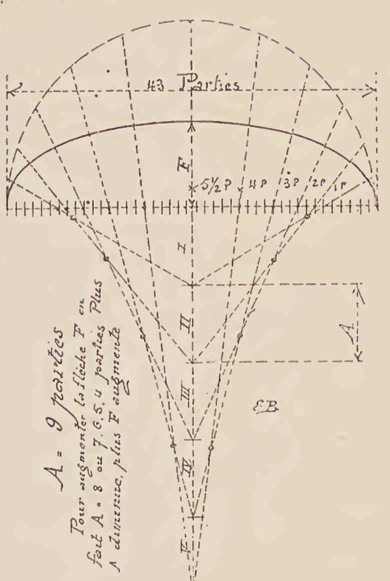


Fig. 249. — Tracé à onze centres.

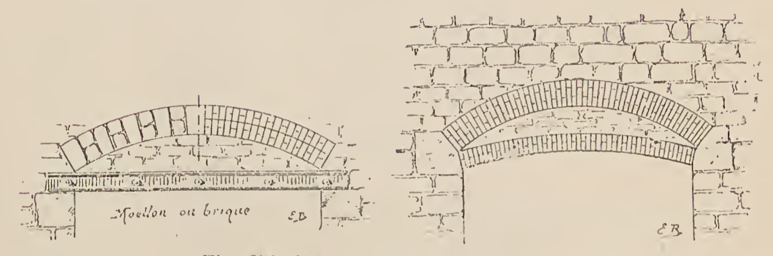


Fig. 250, 251. — Arcs de décharge.

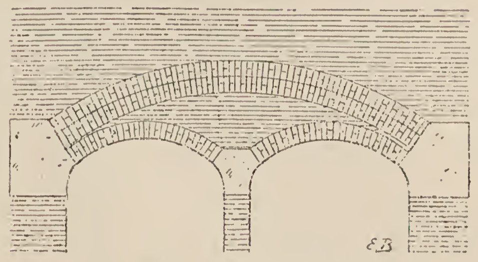


Fig. 252. — Arc de décharge.

(fig. 250) en établissant un arc en contre-haut qui reporte la

charge sur les points d'appui. Les arcs peuvent également être doublés par d'autres arcs, comme le montrent nos exemples figures 251-252.

DES VOUTES

Les voûtes peuvent présenter en section toutes les formes que nous venons d'examiner pour les arcs, sauf les deux formes : en *accolade* et *déprimé*. Ce sont des murs plus ou moins cintrés qui franchissent une distance quelconque, et qui sont composés de moellons, de brique, de pierre appareillée, de béton, etc.

La *voûte en berceau* (fig. 253) est la plus simple de toutes; elle se compose de deux arcs plein cintre sur lesquels une série de droites parallèles représentent les claveaux juxtaposés.

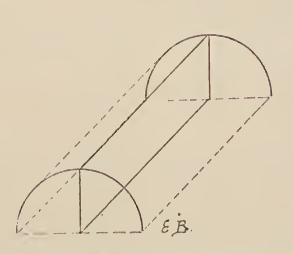


Fig 253. — Voûte en berceau.

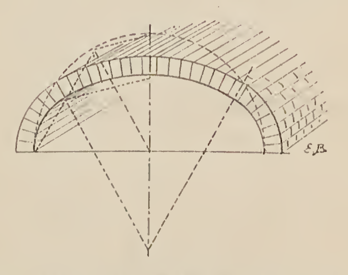


Fig. 254. — Voûte en anse de panier.

La *voûte en anse de panier* (fig. 254) ne diffère de la précédente que par la courbure de l'arc.

Les *voûtes sphériques* ou *en coupoles* (fig. 255) supposent des pieds-droits ou un appui continu circulaire ou *tambour*. Une particularité de ce genre de voûte est de pouvoir être construite sans cintre en procédant par couronnes successives; il suffit, quand les voussoirs se rapprochent du sommet, de les maintenir provisoirement en place jusqu'à ce qu'on ait fermé la couronne (fig. 256), la calotte sphérique se composant d'une succession de cercles concentriques.

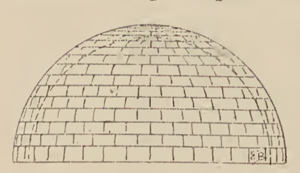


Fig. 255. — Voûte en coupole.

La coupole peut aussi être construite de petits matériaux

avec cintres partiels en formant une musculature arquée destinée à supporter un remplissage (fig. 257).

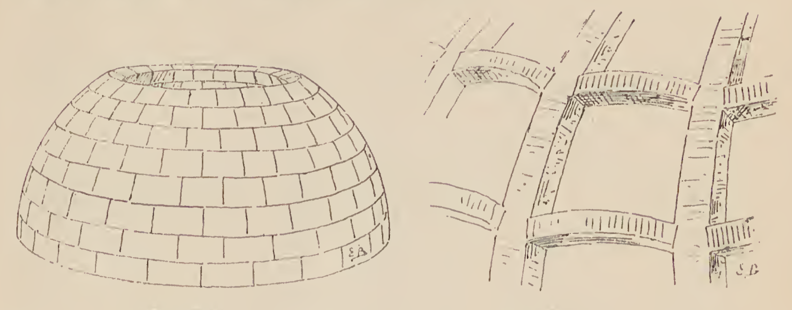


Fig. 256.
Appareil de coupole.

Fig. 257.
Coupole en nervures et remplissage.

On appelle *voûtes d'arêtes* l'intersection de deux voûtes cylindriques ou *berceaux* se coupant (fig. 258-259).

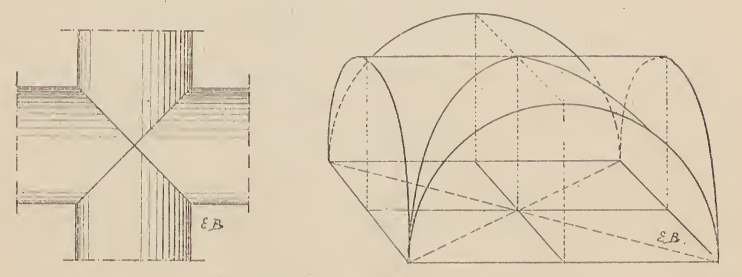


Fig. 258, 259 — Voûtes d'arête.

La *voûte en arc de cloître* est absolument l'inverse de la précédente (fig. 260-261), c'est-à-dire qu'elle conserve seulement

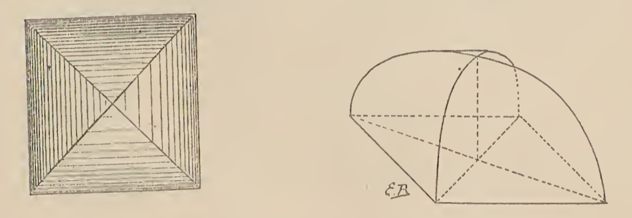


Fig. 260, 261. — Voûtes en arc de cloître.

les parties qu'on supprime dans l'autre et que les angles ou arêtes formés par les intersections se trouvent être à l'extérieur ou extrados au lieu d'être à l'intérieur ou intrados.

Les voûtes dans les caves sont rarement employées maintenant ; elles forcent à une grande hauteur pour obtenir les passages de portes et ont une épaisseur de maçonnerie très supérieure aux planchers en fer.

Les figures 262-263 donnent les coupes longitudinale et trans-

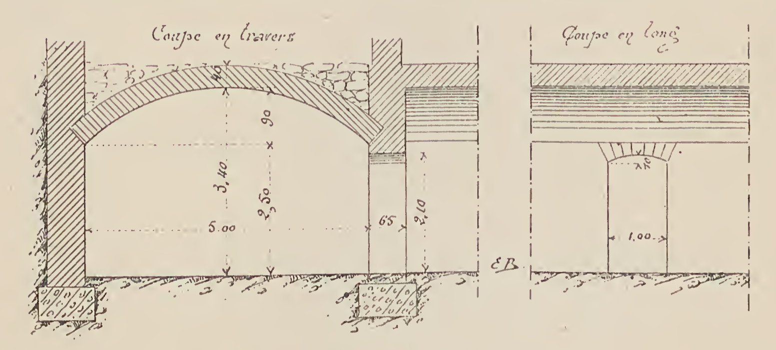


Fig. 262, 263. — Voûte de cave.

versale d'une voûte de 5 mètres de portée et 0m,90 de flèche, Cette voûte, dans les conditions ordinaires des constructions de rapport, peut être construite en moellon de 0m,40 d'épaisseur, dimension minimum, pour une voûte de portée même plus petite. exécuté avec ce matériau.

C'est une des conditions de stabilité des voûtes d'en charger les reins, ce qu'on fait ordinairement en béton ou en maçonnerie grossière.

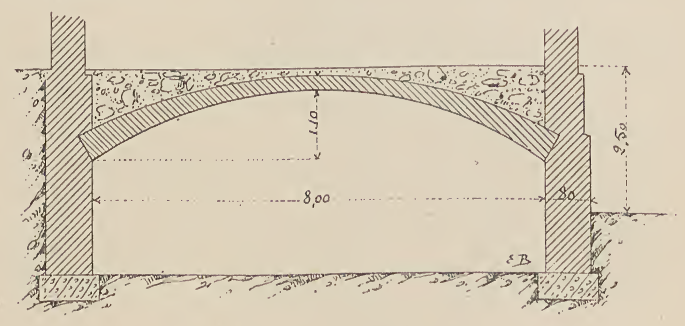


Fig. 264. — Voûte de cave.

Exécutée en brique, la voûte demande une moins grande épaisseur, une brique de 0m,22 suffit. Dans ce genre, il faut particulièrement soigner le sommier qui reçoit la retombée ;

on comprend qu'il faut présenter à la brique une assiette parfaite, le moindre défaut de la coupe pouvant causer la destruction de l'ouvrage.

M. Denfer donne dans son ouvrage « *Maçonnerie* » les deux types suivants que nous lui empruntons texte, et dessins :

« La figure 264 donne la coupe transversale des voûtes en arc exécutées en meulière et ciment à l'hospice de Corbeil. C'est un tracé hardi qu'il faut considérer comme limite. La voûte a 8 mètres de portée, $1^{m},10$ de flèche, $0^{m},26$ d'épaisseur à la clef et une épaisseur plus forte aux naissances ; les reins sont remplis de même maçonnerie jusqu'à l'horizontale. Les murs de retombée ont $0^{m},80$ d'épaisseur et sont chargés des murs de face sur une hauteur de 10 mètres environ au-dessus du rez-de-chaussée.

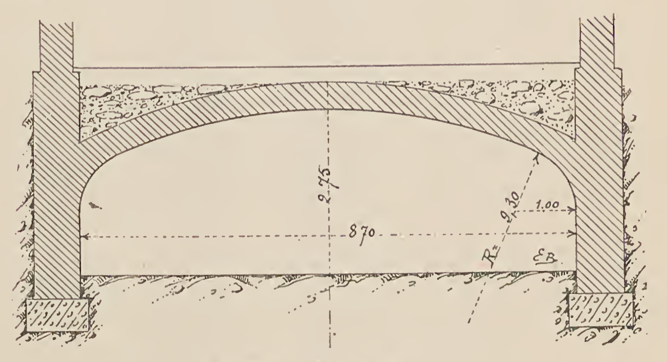


Fig. 265. — Voûte de cave.

« La coupe transversale ci-dessus (fig. 265) donne la disposition d'anciens entrepôts à Bercy. La portée est de $8^{m},70$; la voûte, très surbaissée, est en moellons de $0^{m},50$ d'épaisseur ; elle porte un remblai en terre de $0^{m},30$ au moins à la clef, et qui remplit les reins. Les murs qui reçoivent la retombée de cette voûte n'ont que $0^{m},75$ d'épaisseur et ne sont chargés que d'un rez-de-chaussée ; ils ne seraient pas stables tout seuls, mais ils sont enterrés et la poussée du sol contribue à la stabilité de la voûte. »

Stabilité des voûtes. — Dans la construction des maisons de rapport on ne calcule jamais les épaisseurs à donner aux voûtes et aux pieds-droits qui les supportent ; on applique les dimensions usuelles toujours suffisantes.

Les architectes du XVIe siècle employaient pour obtenir l'épaisseur à donner aux pieds-droits la formule géométrique

suivante (fig. 266, 267, 268 : soit un arc ayant comme diamètre A B ; diviser le demi-cercle ou le tiers-point en trois parties égales A D, D C, C B ; du point B comme centre, décrire une portion de cercle en prenant B C pour rayon. Puis, faire passer

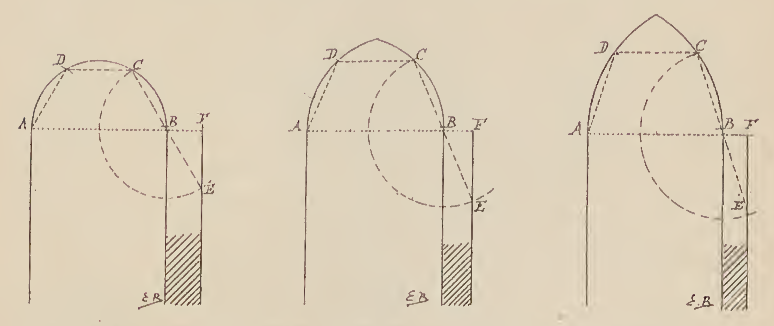


Fig. 266, 267, 268. — Épaisseur à donner aux pieds-droits. Procédé graphique.

une ligne prolongée par les points C et B ; son point de rencontre E avec la portion de cercle donnera le parement extérieur du pied-droit dont l'épaisseur sera égale à B F.

En procédant ainsi, on obtient des culées d'autant moins épaisses, que les arcs sont plus aigus, ce qui est conforme aux poussées des voûtes, qui sont d'autant plus considérables que l'arc est plus surbaissé et se rapproche de l'horizontale.

Le procédé graphique ci-dessus n'est applicable que pour les pieds droits qui ont en hauteur moins d'une fois et demie le diamètre ou la base de ces arcs, et bien entendu ces pieds-droits sont isolés, aucune terre ne vient contre-buter la poussée.

« Parmi les diverses formes, dit M. Denfer, les voûtes en plein cintre sont celles qui donnent le moins de poussée sur les pieds-droits, puis viennent les voûtes surbaissées elliptiques ou en anses de panier ; puis enfin les voûtes surbaissées à un centre. Dans ces dernières, plus la flèche est petite pour une portée donnée, plus la poussée est grande.

La valeur de la poussée est facile à établir dans chaque cas.

Considérons une demi-voûte (fig. 269), d'un seul morceau, et désignons par Q la réaction ou poussée horizontale de la demi-voûte de droite sur la partie considérée, au tiers supérieur de l'épaisseur dela voûte.

Soient : P le poids de la demi-voûte appliqué à son centre de gravité ;

P′ la résultante des surcharges de toutes sortes qu'il est facile

d'évaluer pour chaque ouvrage, et B son point d'application ;
S la réaction du pied-droit, appliquée en un point A au tiers

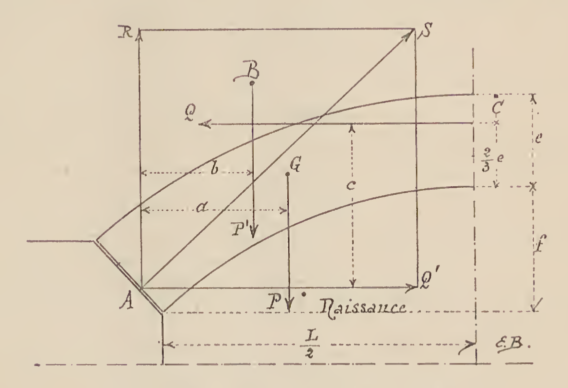


Fig. 269. — Poussée d'une voûte.

inférieur du joint sur le sommier. Cette réaction peut être décomposée en deux forces, R verticale, Q' horizontale.

La partie de voûte A C est en équilibre sous l'action des forces qui la sollicitent :

$$R,\ Q',\ Q,\ P \text{ et } P'.$$

La somme des projections de ces forces sur un axe horizontal est nulle :

$$Q' - Q = 0, \text{ d'où } Q' = Q.$$

La somme des projections de ces forces sur un axe vertical est nulle :

$$R - P - P' = 0, \text{ d'où } R = P + P'.$$

Enfin la somme des moments de ces forces par rapport au point A est nulle :

$$Pa + P'b - Qc = 0, \text{ d'où } Q = \frac{Pa + P'b}{c}.$$

De cette dernière égalité on tire la valeur de Q, qui est égale à Q', réaction horizontale du pied-droit sur la voûte, qui est égale à l'action horizontale de la voûte sur le pied-droit, c'est-à-dire à la *poussée* cherchée.

Quant à la poussée oblique S, on l'obtient facilement, puis-

que l'on connaît en grandeur et en direction ses deux composantes Q′ et R.

On peut en déduire un moyen approché de déterminer la charge qu'ont à subir les matériaux au sommet de la voûte.

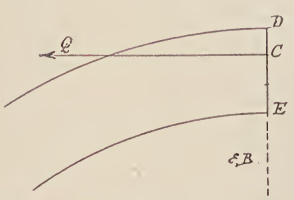


Fig. 270.— Poussée d'une voûte.

La mécanique démontre que la section D E (fig. 270) étant chargée au tiers de sa hauteur en C par la pression Q, les matériaux de cette section sont chargés inégalement aux différents points, et que cette charge par unité de surface, nulle au point E, va en augmentant jusqu'au point D, où elle atteint son maximum.

Elle démontre aussi que cette charge maximum en D est double de la pression moyenne qui s'exerce sur la section D E = Ω.

$\frac{Q}{\Omega}$ = pression moyenne par unité de surface ;

$\frac{2\,Q}{\Omega}$ = pression maximum supportée par les matériaux de la section D E.

Si la voûte est tracée, on choisira les matériaux pour cette charge. Si l'on a les matériaux, on déterminera l'épaisseur de la voûte à son sommet, de manière que la pression D, double de la pression moyenne, donne avec les matériaux toute sécurité.

Par le même raisonnement, on déterminera les matériaux nécessaires à la naissance, ou bien les dimensions de ce point pour matériaux donnés.

On peut calculer la résistance d'une voûte au moyen de la formule suivante :

P charge totale de la voûte en kilogrammes.
l l'ouverture en mètres.
h la flèche —
t la profondeur de la voûte (mesurée normalement au parement).
k la charge admissible des matériaux constituant la voûte par mètre carré.
S l'épaisseur de la voûte à la clef.
S′ l'épaisseur de la voûte aux naissances.

On a :

$$S = \frac{Pl}{4hkt} \quad S' = S\,\frac{l^2 + 4h^2}{l^2 - 4h}.$$

On trouvera la valeur de k en prenant dans notre tableau des charges d'écrasement, la résistance de la pierre employée.

Voici quelques formules empiriques de Rondelet donnant les épaisseurs des voûtes et des pieds-droits :

l représente la portée de la voûte ;

S épaisseur de la voûte à la clef.

Voûtes circulaires.

Planes au sommet ou à extrados horizontal (fig. 271).

$$S = \frac{1}{48} l.$$

A reins soutenus jusqu'au milieu de la flèche et à extrados parallèle à l'intrados (fig. 272).

$$S = \frac{1}{36} l.$$

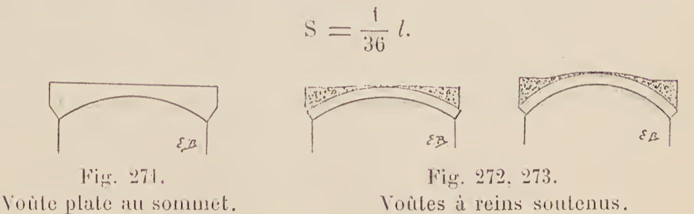


Fig. 271. Voûte plate au sommet.

Fig. 272, 273. Voûtes à reins soutenus.

A reins soutenus jusqu'au milieu de la flèche et à partir de là allant en diminuant d'épaisseur jusqu'à la clef (fig. 273).

$S = \frac{1}{48} l$ à la clef, $S' = \frac{1}{32} l$ aux pieds-droits.

Pour les voûtes en pierre de taille ou moellon d'appareil, pour intrados circulaires ou elliptiques et en supposant une épaisseur deux fois plus grande aux pieds-droits qu'à la clef, on a :

Dans les fortes voûtes de ponts :

$$S = 0{,}04\, l + 0^{m},32.$$

Dans les voûtes moyennes :

$$S = 0{,}02\, l + 0^{m},16.$$

Dans les voûtes non chargées :

$$S = 0{,}01\, l + 0^{m},08.$$

D'après Perronnet, pour les voûtes des ponts $S = 0{,}035\, l + 0^{m},32$ pour $l < 24$ mètres.

Pour des portées plus grandes :

$$S = \frac{1}{24} l.$$

Ceci suppose que l'épaisseur de la voûte augmente à partir de la clef et atteint aux naissances le double de l'épaisseur à la clef.

Pour les pieds-droits, lorsqu'ils ne sont pas montés plus haut que le sommet extérieur de la voûte, l'épaisseur est :

Pour intrados en arc de cercle $= \frac{1}{5}$ de la portée ;

Pour intrados en anse de panier ou en arc surbaissé jusqu'à $\frac{1}{4}$, $= \frac{1}{4}$ de la portée ;

Pour intrados en arc à surbaissement plus grand que $\frac{1}{4} = \frac{2}{7}$ de la portée.

Les fondations des pieds-droits sont à plusieurs gradins ayant environ $0^m,30$ de saillie, et environ deux fois la saillie pour hauteur ; l'élargissement total de la fondation $= 1/4$ à $1/3$ de l'épaisseur du pied-droit.

L'épaisseur des pieds-droits pour voûtes à extrados horizontal est :

$$d = \frac{D}{8}\left(\frac{3D - H}{D + H}\right) + \frac{1}{6}\,h + 0^m,314.$$

Si l'on pose

$$H = nD.$$

on a :

$$d = \frac{D}{8}\left(\frac{3 - n}{n - 1}\right) + \frac{1}{6}\,h + 0^m,314.$$

Pour le demi-cercle, on a

$$H = \frac{1}{2}\,D$$

c'est-à-dire

$$n = \frac{1}{2}\,;$$

et par conséquent :

$$d = \frac{5}{24}\,D + \frac{1}{6} + 0^m,314.$$

TABLEAU DONNANT L'ÉPAISSEUR A LA CLEF DE VOUTES CIRCULAIRES ET ELLIPTIQUES

PORTÉE en mètres.	ÉPAISSEUR A LA CLEF			PORTÉE en mètres.	ÉPAISSEUR A LA CLEF		
	S	S′	S″		S	S′	S″
2	0.40	0,20	0.10	22	1,20	0,60	0.30
4	0.48	0,24	0,12	24	1,28	0,64	0,32
6	0,56	0,28	0,14	26	1,36	0,68	0,34
8	0,64	0,32	0,16	28	1,44	0,72	0,36
10	0,72	0,36	0,18	30	1,52	0,76	0,38
12	0,80	0,40	0,20	32	1,60	0,80	0,40
14	0.88	0.44	0,22	34	1,68	0,84	0.42
16	0.96	0,48	0,24	36	1,76	0,88	0.44
18	1,04	0,52	0,26	38	1,84	0,92	0,46
20	1.12	0,56	0,28	40	1,92	0,96	0,48

La voûte est supposée avoir le double d'épaisseur aux pieds-droits qu'à la clef, S est l'épaisseur à la clef pour le cas d'une forte charge ; S′ pour le cas d'une charge moyenne et S″ pour le cas où la voûte n'est pas chargée.

BAIES DANS LES MURS DE CAVE

Les portes de caves ont une largeur plus ou moins considérable suivant la destination et les exigences particulières, mais elles ne doivent jamais avoir moins de $0^m,90$ de largeur et mieux vaut encore considérer la dimension de 1 mètre comme minimum. La hauteur est également très variable, le minimum est de $1^m,90$.

Dans les caves voûtées on est souvent gêné pour pratiquer des ouvertures et quand on doit percer dans le mur de retombée, on est presque toujours forcé de voûter la porte en pénétration du berceau parce que les naissances se trouvent trop près du sol.

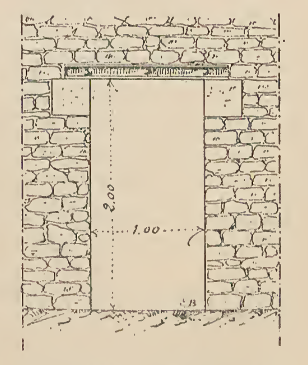


Fig. 274. — Baie de cave.

Les côtés de la porte se nomment *jambages ;* la parties supérieure peut être simplement formée d'un linteau métallique, comme le montre la figure 274, ou bien voûtée.

Quand la porte est voûtée, on donne généralement à l'arc la forme dite *bombée*, c'est-à-dire que c'est un arc de cercle moindre que la demi-circonférence. Comme dans ces portes on est toujours gêné pour la hauteur, on donne donc à l'arc le moins de flèche possible, soit un dixième de la largeur de la porte ; ainsi pour une largeur de 1 mètre, la flèche sera égale à 0,10 ; pour 1m,50, elle sera de 0,15, etc.

Les jambages et la voûte se font souvent avec les mêmes matériaux que les murs de cave ; la figure 275 que nous avons

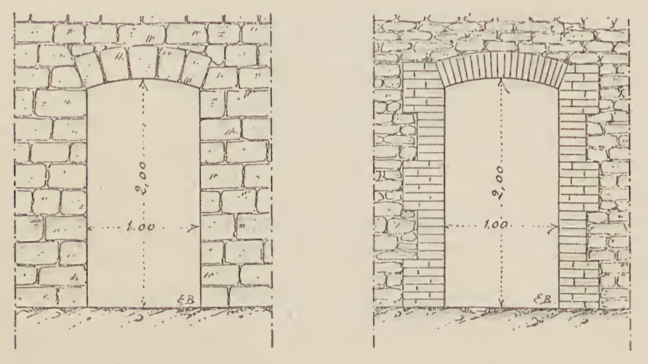


Fig. 275, 276. — Portes ou baies de caves.

représentée construite en moellon en est un exemple. (On ne doit pas oublier que les jambages formant extrémité de mur, il faut, chaque deux assises, disposer un moellon en parpaing, c'est-à-dire faisant toute l'épaisseur du mur.)

D'autres fois, les constructeurs, considérant avec raison une ouverture dans un mur comme un point d'affaiblissement, forment un encadrement composé des jambages et de la voûte en matériaux plus résistants, en pierre dure par exemple.

Les jambages en brique (fig. 276) se font souvent et forment des têtes de mur solides et régulières ; comme le montre notre croquis, on forme des harpes dans la maçonnerie de manière à former une liaison parfaite de l'ensemble.

Les soupiraux sont de petites baies pratiquées dans les socles ou les soubassements pour aérer et éclairer les caves et les sous-sols.

La température des caves devant rester autant que possible constante, les soupiraux destinés seulement à l'aération doivent être de dimensions très restreintes, mais en rapport avec le nombre des baies ; autant qu'il est possible, il vaut mieux multiplier le nombre des soupiraux et les faire exigus parce qu'ainsi

la bonne répartition de l'aération assure et fixe la température ce qu'on n'obtiendrait pas si, par exemple, on aérait une cave sur un seul côté par une très grande ouverture.

Une bonne dimension de l'ouverture extérieure est d'environ $0^{m},20$ de hauteur sur $0^{m},40$ de largeur.

Dans les constructions qu'on fait actuellement, les caves sont rarement voûtées, on emploie les planchers en fer et dans ce cas on place sur la traversée du soupirail un linteau en fer carré de 30 ou 40 millimètres de côté, suivant les portées à franchir et on construit dessus en moellon, en brique ou on vient simplement y faire reposer les solives, comme le montre la figure 277. Quand on a affaire à une cave voûtée, le soupirail fait par son glacis supérieur une véritable pénétration dans la voûte et forme une voûte lui-même (fig. 278).

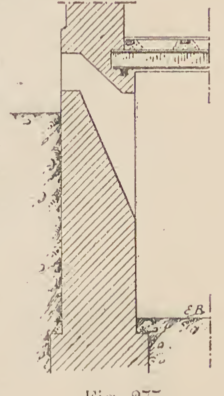


Fig. 277.
Soupirail.

Le soupirail est naturellement très rapproché du sol et trouve toujours à être placé dans un soubassement. Il n'en est pas de même lorsqu'on a affaire à un seuil dont la hauteur atteint rarement $0^{m},20$, on est alors obligé de restreindre considérablement les dimensions et de ne donner que $0^{m},08$ à $0^{m},10$ de hauteur. On n'a pas même la ressource de

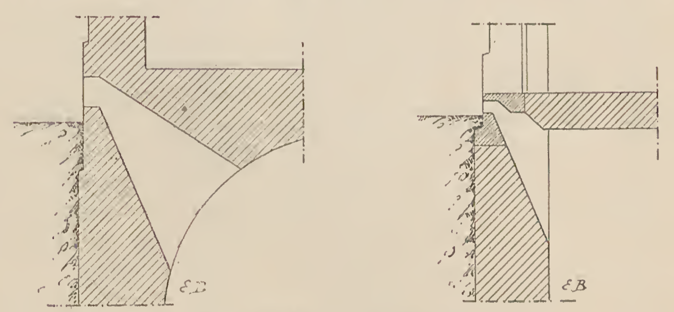


Fig. 278, 279. — Soupiraux.

donner à l'ouverture une largeur plus grande parce que la pierre n'ayant plus l'épaisseur suffisante serait trop faible et ne résisterait pas même à de faibles chocs (fig. 279).

La figure 280 montre une disposition dans laquelle l'ouverture est pratiquée horizontalement. Le grand avantage ici est de pouvoir donner à l'ouverture une dimension plus grande,

puisque la grille métallique qui la ferme peut être faite d'une

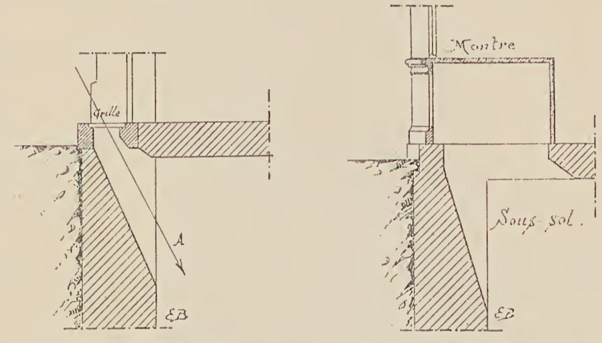


Fig. 280, 281. — Soupiraux de sous-sol.

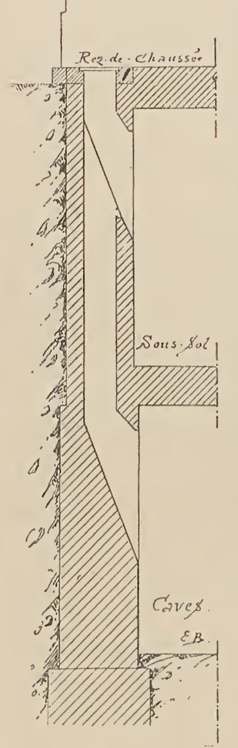


Fig. 282. — Soupiraux pour doubles caves.

grande solidité, et de plus de permettre souvent une introduction directe du jour, comme l'indique la flèche A. Mais, d'autre part, on ne peut guère placer ce genre de soupirail que dans un vestibule, une entrée ou un passage quelconque non recouvert par une maçonnerie ou une devanture.

Dans les grandes villes, la valeur toujours plus considérable du sol a amené les constructeurs à rechercher les moyens d'utiliser les sous-sols et ils sont arrivés au but en prenant largement du jour dans les soubassements des devantures en contre-bas des montres (fig. 281) ; le soubassement est grillé et peut aussi être vitré. Quand on ne peut profiter d'un dessous de montre, on peut encore éclairer par un dallage en verre et il ne reste plus qu'à assurer la ventilation.

Quand il y a deux étages de caves, l'aération est faite par des ouvertures verticales ou horizontales et les conduites et glacis sont disposés comme le montre la figure 282.

A l'extérieur, les soupiraux peuvent affecter toutes les formes compatibles avec la destination. Toujours placés dans la partie de soubassement caractérisée par la simplicité et la

force, les soupiraux sont généralement simples, comme les figures 283 et 284 en donnent des exemples. mais dans tous les

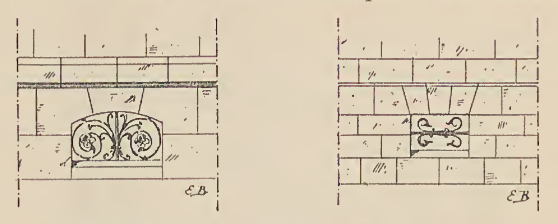


Fig. 283. 284. — Vues extérieures de soupiraux.

cas, suivent toujours le genre d'architecture de l'ensemble. La fermeture en est faite par un barreaudage, un panneau de fonte ou de fer forgé, suivant le luxe plus ou moins grand de l'ensemble.

REFENDS, BOSSAGES

Les refends sont des canaux horizontaux ou verticaux, à section triangulaire ou rectangulaire, que l'on taille entre les pierres (parfois même sans s'occuper des joints) pour agrémenter le parement de la pierre (fig. 285).

Fig. 285. Refends.

Fig. 286. Bossages en tables.

Fig. 287. Bossages arrondis.

Les bossages diffèrent des refends par une plus grande saillie et surtout par des formes plus recherchées. On distingue entre autres :

Les bossages en tables ou bossages carrés (fig. 286, 287) et que nous représentons en A.

Les bossages arrondis ou rustiques (B) dont les arêtes

sont arrondies et dont la surface, brute, est parfois cernée d'une ciselure.

Les bossages en pointe de diamant, dont le parement a quatre glacis qui se terminent en un point ou forment une arête comme le montrent les figures 288, 289 en C.

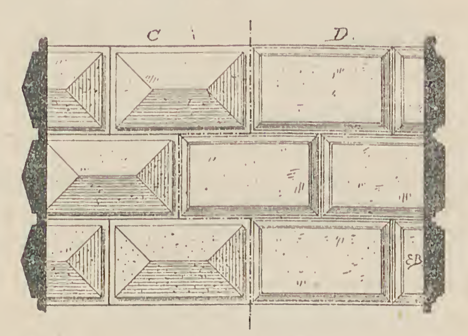


Fig. 288. — Bossages en pointes de diamants. Fig. 289. — Bossages à cavets.

Les bossages à cavet (D) dont la saillie est terminée par un cavet compris entre deux filets.

Les bossages à chanfrein (fig. 290) dans lesquels l'arête est abattue et qui ne se joignent pas avec les bossages contigus, mais en sont séparés par un petit canal.

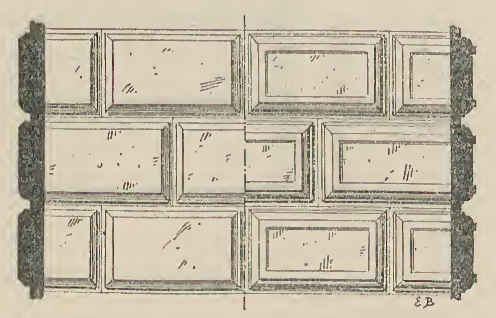


Fig. 290. Bossages à chanfreins. Fig. 291. Bossages à profils.

Les bossages ravalés (fig. 291) avec table en creux et profils.

On comprend, d'après les exemples qui précèdent, que ce genre de décoration se prête à un grand nombre de combinai-

sons. On peut varier la forme et la dimension du bossage, alterner des grands et des petits ; faire des surfaces unies avec des saillies prononcées, etc. ; employer pour la décoration de la sur-

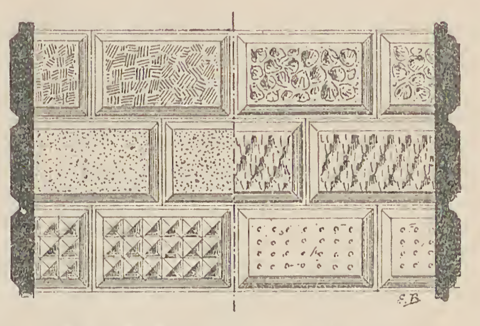


Fig. 292, 293. — Divers bossages.

face un dessin quelconque propre à mettre en valeur les saillies et canaux en harmonie avec l'ensemble de l'édifice et son caractère architectural.

Dans les figures 292, 293, 294, 295 nous avons seulement voulu indiquer quelques-uns des motifs pouvant servir à orner

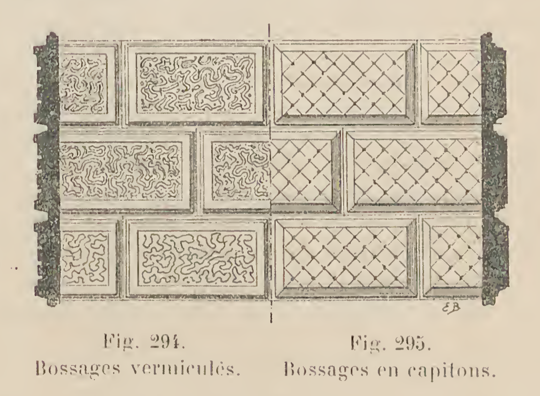


Fig. 294. Bossages vermiculés. Fig. 295. Bossages en capitons.

les bossages. Profils soignés avec surface brute ; profils et surface bouchardée ; profils et petites pointes de diamant ; coquilles incrustées ; les larmes ou coulures, plus ou moins régulières, qui conviennent si bien aux fontaines ; les trous disposés en quinconces ; les vermicules ou vermiculures (fig. 294) qu'on appelle aussi parfois chenillés ; les pointillés ou capitonnés, suivant la forme unie ou convexe qu'on donne à chaque élément (fig. 295).

PORTES DE PIÉTONS

Ces petites portes sont ordinairement pratiquées dans les murs entourant les propriétés, soit pour desservir un point déterminé, soit pour éviter l'ouverture fréquente de la grande porte. Dans ce dernier cas, la porte de piétons est placée près de la porte charretière et est souvent appelée, improprement d'ailleurs, *guichet*, quoique ce mot ne convienne qu'à une petite porte établie dans une grande.

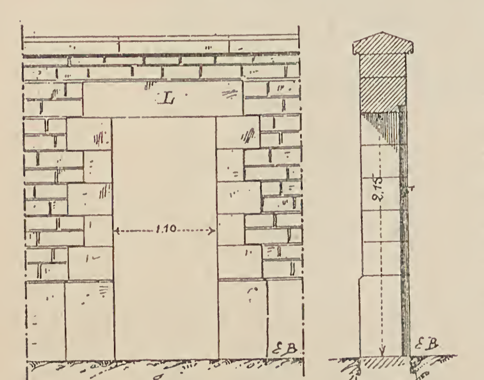


Fig. 296, 297. — Porte de piétons.

Ces portes, dont nous donnons un exemple (fig. 296, 297), se construisent suivant les ressources dont on dispose, en pierre, en moellon, en brique, etc., le linteau L que nous indiquons en pierre peut aussi être en bois ou encore en fer et être composé de deux fers double T assemblés à boulons ou à brides et agrafes. Il peut aussi n'y avoir pas de linteau. La porte n'est alors qu'une solution de continuité du mur.

Les dimensions généralement en usage varient de $0^{m},80$ à $1^{m},20$ pour la largeur et de $2^{m},10$ à $2^{m},50$ pour la hauteur. La feuillure destinée à servir de battement à la porte se trouve parfois placée entièrement vers l'intérieur en F, mais souvent aussi vers le milieu du mur ; la feuillure varie suivant que la porte est en fer ou en bois, mais on peut compter environ de $0^{m},03$ à $0^{m},06$.

Quand la feuillure est placée au milieu du mur, on coupe la partie vers l'intérieur en glacis de manière à permettre à la porte de développer davantage que 90°, c'est-à-dire plus que l'équerre ; ce glacis prend le nom d'ébrasement et affecte la forme que l'on verra plus loin (fig. 299).

Pour éviter les creusements qu'on pourrait faire dans la terre sous la porte, on place un seuil en pierre dure autant que possible d'une seule pièce et assez lourd pour assurer l'inamovibilité.

PORTES CHARRETIÈRES

Les portes destinées au passage des voitures sont de dimensions beaucoup plus considérables que celles qui précèdent. Si elles sont couvertes, elles ne doivent pas avoir moins de 2m,80 de hauteur libre. La largeur varie avec la destination, on comprend qu'une ouverture devant donner passage à une voiture légère, à un coupé par exemple, peut avoir une dimension moindre qu'une porte d'usine devant donner accès à de lourds chariots chargés. Dans ce dernier cas, nous ne saurions trop recommander aux constructeurs de donner la plus grande largeur possible à l'ouverture pour faciliter l'entrée des voitures et éviter les dégradations qui se produisent toujours quand les portes sont trop exiguës.

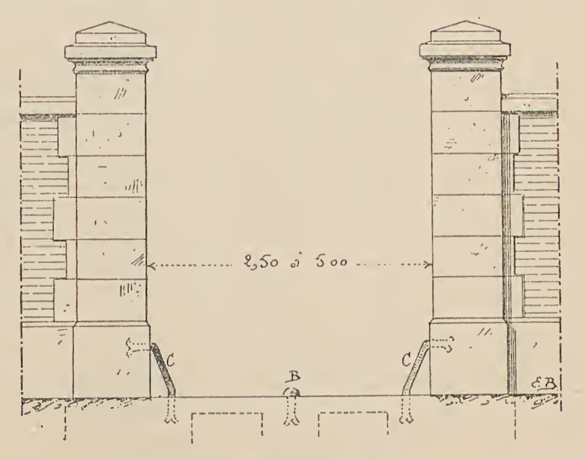


Fig. 298. — Porte charretière.

La figure 298 montre un ensemble de porte charretière dans lequel nous avons figuré les chasse-roues C C scellés dans les pilastres. Cette disposition n'est pas à recommander, il est de beaucoup préférable d'isoler entièrement le chasse-roues de manière à ce que, seul, il reçoive les chocs que par destination il doit éviter au pilastre ; il faut donc qu'il soit scellé dans une maçonnerie indépendante de même que le buttoir central B qui reçoit le choc des deux montants battements.

Les portes charretières sont toujours à feuillures quand elles doivent être closes par une partie pleine en bois ou en fer

(fig. 299), mais il peut en être autrement si l'ouverture doit être fermée par une grille. On comprend qu'alors il est inutile d'affai-

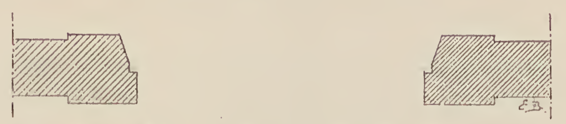


Fig. 299. — Baie de porte charretière avec feuillure.

blir le pilastre puisqu'il n'y a plus intérêt à empêcher la vue de passer entre le pilastre et le montant pivot, le reste étant complètement à jour. La section en plan devient alors celle que



Fig. 300. — Porte charretière, sans feuillures.

nous indiquons figure 300, c'est-à-dire une porte charretière composée de deux pilastres carrés dans lesquels il n'y a aucun point d'affaiblissement.

La partie mobile devant fermer la baie est généralement fort lourde, il faut donc donner aux extrémités des murs des dimensions beaucoup plus considérables. Ces parties renforcées prennent le nom de *pilastres* et doivent toujours être intimement liées au surplus du mur, par des harpes, et surtout à la partie supérieure par des chaînes en fer assez longues pour intéresser une partie importante du mur. Mais la liaison ou le chaînage, suffisant quand la porte est fermée, sont de nul effet quand celle-ci est ouverte et prend une position perpendiculaire au mur, et pour ce motif les constructeurs ont donné aux pilastres une forme rectangulaire ou même mieux encore, les armèrent d'un véritable contrefort comme on le voit dans nos figures 301, 302.

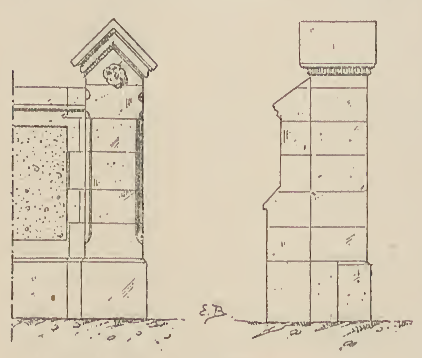


Fig. 301, 302. — Pilastres de portes.

Les pilastres se composent : d'un socle ou partie inférieure ;

d'un corps ou *fût* dépassant la hauteur du mur de clôture ; enfin d'une tête, chapeau ou chapiteau en faisant le couronnement.

Les motifs de décorations, les formes mêmes peuvent varier

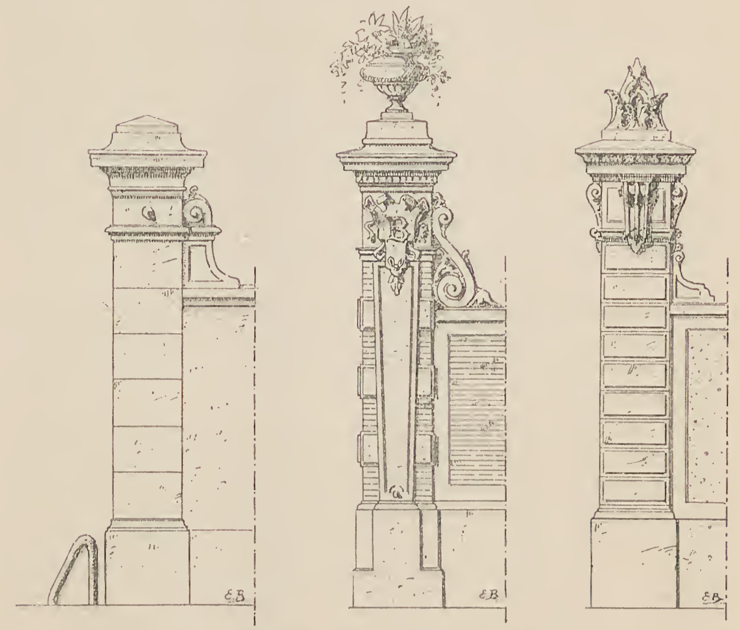


Fig. 303, 304, 305. — Pilastres ornés.

à l'infini ; nous indiquons (fig. 303, 304, 305) quelques exemples plus ou moins ornés pouvant convenir également pour portes en bois ou pour portes en fer.

Les dimensions des pilastres sont généralement les suivantes :

$0^{m},50 \times 0^{m},50$	pour baies de	$2^{m},25$ à $2^{m},50$ et $2^{m},60$	de hauteur.
$0^{m},60 \times 0^{m},60$	—	$2^{m},75$ à $3^{m},10$ et $2^{m},80$	—
$0^{m},75 \times 0^{m},75$	—	$3^{m},25$ à $3^{m},75$ et $3^{m},00$	—
$0^{m},85 \times 0^{m},85$	—	$4^{m},00$ à $5^{m},00$ et $3^{m},20$	—

On peut ajouter considérablement à la résistance des pilastres en pierre en passant dans l'axe une forte tige ronde scellée dans le massif de fondation et qui enfile toutes les assises dont la dernière couronnée d'une forte rondelle est serrée sur toutes les autres au moyen d'un écrou. Le côté faible de ce procédé de construction est que l'on doit élever toutes les pierres compo-

sant le pilastre à la même hauteur pour les enfiler sur la tige.

Il nous reste à dire quelques mots d'un moyen employé pour faciliter l'entrée d'une porte charretière placée dans une voie étroite où les voitures pourraient difficilement tourner et risqueraient toujours de dégrader les pilastres. Ce moyen que nous montrons (fig. 306) ne convient qu'à une baie donnant accès à une cour, puisque pour trouver la place nécessaire il faut empiéter sur la propriété.

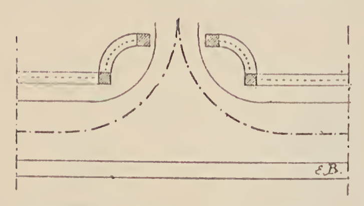


Fig. 306. — Entrée pour voitures.

Portes d'entrée. — Nous considérerons ici les portes pratiquées dans le mur de façade pour donner accès à l'intérieur d'une construction, soit seulement aux piétons, soit aux piétons et aux voitures.

Les premières se font à un ou à deux vantaux ; dans le premier cas, elles doivent avoir au moins $0^m,85$ de largeur libre pour permettre aux meubles de passer. Cette dimension est un minimum qui n'est applicable qu'aux maisons à loyers ouvrières ; elle doit être portée à 1 mètre chaque fois qu'on n'aura pas une raison absolue pour faire autrement. A deux vantaux, les portes d'entrée se font de $1^m,30$ de largeur au moins parce qu'un seul vantail, servant généralement au passage des personnes, ne saurait avoir moins de $0^m,65$. Il n'y a pas de maximum, cependant il est rare de faire des portes de ce genre au-dessus de 2 mètres de largeur parce qu'alors la hauteur, qui, pour que la porte ne paraisse pas écrasée, doit être au moins égale à deux fois cette largeur, serait trop considérable.

Nos figures 307, 308, 309 montrent l'élévation et les coupes verticale et horizontale d'une porte à deux vantaux établie dans un mur de face de $0^m,50$ d'épaisseur. Une porte d'entrée se compose de deux pieds-droits (côtés), d'un linteau (dessus), et d'un seuil ou marche empêchant les eaux extérieures de refluer vers l'intérieur. Le *tableau* A a ordinairement $0^m,20$ à $0^m,25$ de largeur (dans notre croquis, l'importance de la grande gorge a nécessité de repousser la porte en bois vers l'intérieur), la *feuillure* B a sur ses côtés de $0^m,06$ à $0^m,08$, l'*ébrasement* C a pour dimension le complément de l'épaisseur du mur. Comme dans les exemples que nous avons vus précédemment, l'ébrasement est fait en glacis pour permettre de développer les vantaux au delà de 90° ; à la partie horizontale supérieure l'ébrasement

peut être beaucoup moins incliné ou même être absolument horizontal, car à moins de tassement, il n'y a jamais de danger de frottement à la partie supérieure, la menuiserie ayant malheureusement beaucoup plus de tendance à baisser qu'à se relever.

Le seuil, placé au niveaudu sol intérieur, forme une marche

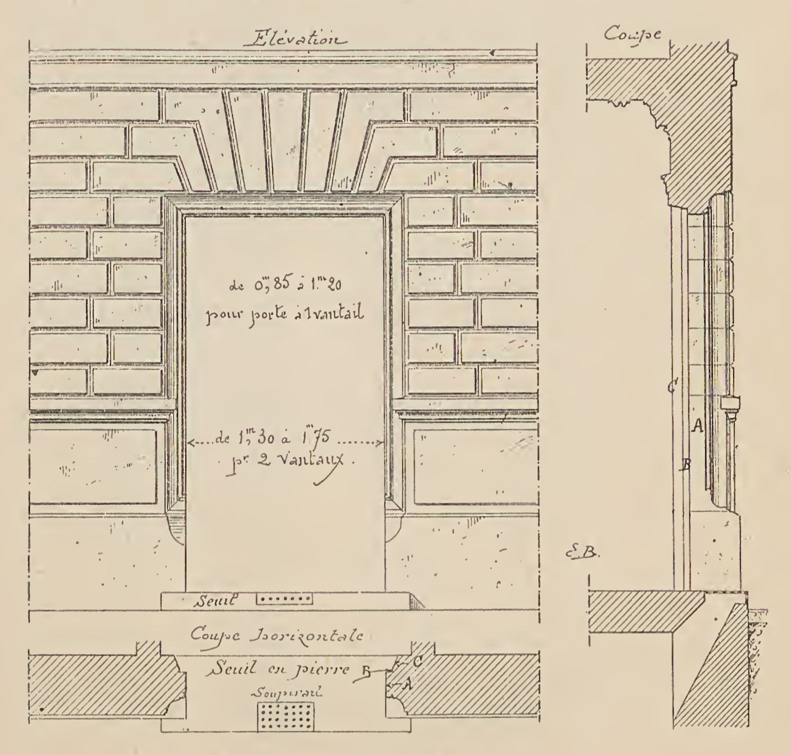


Fig. 307, 308, 309. — Porte d'entrée.

au dehors. Il doit être en pierre fine et dure et ne pas porter sous les pieds-droits, car au moindre tassement il se briserait ; pour assurer l'écoulement de l'eau, il est taillé en pente vers l'extérieur.

Nous avons figuré un soupirail coupé dans le seuil et garni d'une tôle perforée, c'est une application de ce que nous avons étudié en parlant des soupiraux.

Les portes pour piétons et voitures appelées *portes cochères* se font dans les constructions comportant écuries et remises. La dimension en largeur varie de $2^m,60$ à $3^m,20$; quant à l'élé-

vation, elle est, presque toujours limitée par la hauteur même du rez-de-chaussée, mais elle devrait avoir de $3^m,80$ à 4 mètres et plus (fig. 310). La forme en est rectangulaire, terminée à la partie supérieure par un arc bombé ou encore par un plein cintre, ce qui est dans le cas de notre dessin.

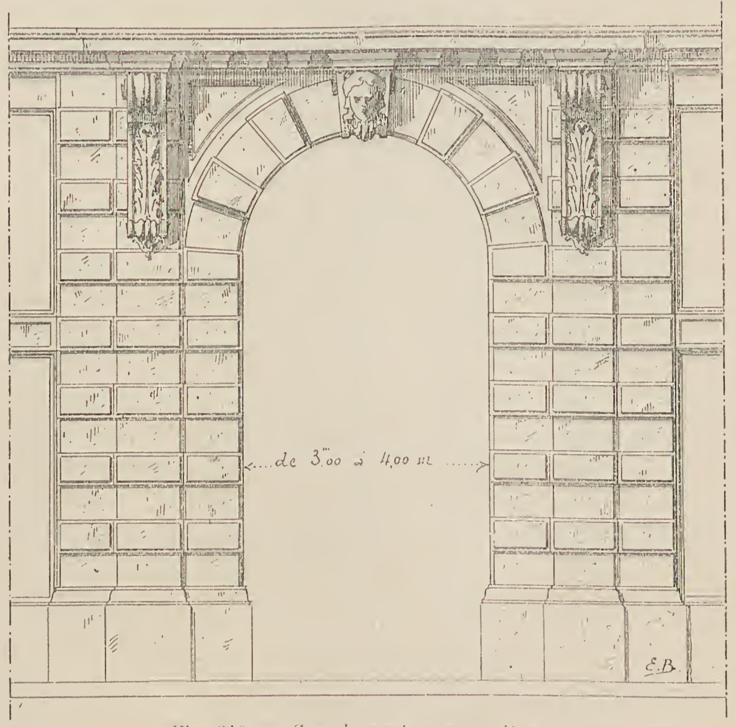


Fig. 310. — Grande porte pour voiture.

Souvent, dans l'étude des façades, on est amené à donner, pour satisfaire l'œil, une grande hauteur à la porte qui quelquefois atteint ainsi le dessous du plancher du deuxième étage, sans pourtant que cette grande élévation soit indispensable au passage des voitures. Dans ce cas, on peut couper la hauteur en deux étages et faire une menuiserie donnant un aspect se rapprochant d'une porte complète, tout en y ménageant une fenêtre pour éclairer la pièce obtenue par ce moyen.

A ces portes, le seuil affleure le sol, il ne forme pas marche et le trottoir est lui-même adouci en une courbe à laquelle on donne le nom de *bateau*. Souvent aussi l'entrée cochère est garnie de petits trottoirs de $0^m,50$ à $0^m,75$ servant de refuge aux

piétons et en même temps de chasse-roues continus ; ces trottoirs disparaissent complètement au droit du développement de chacun des vantaux de la porte cochère conformément au dessin que nous donnons à l'article *Carrelage* (fig. 387, p. 139).

Portes intérieures. — En tant que maçonnerie, les portes intérieures ne présentent aucune particularité, les murs sont arrêtés et forment pieds-droits sur lesquels viennent reposer les linteaux. Il y a cependant certaines dispositions à prendre : ainsi dans les cloisons légères il faut que l'huisserie soit posée avant de faire le remplissage en carreaux de plâtre plus les enduits aux deux faces (fig. 311).



Fig. 311. — Porte en cloison.



Fig. 312. — Porte en mur.

Dans les murs en brique ou en moellon, on réserve autant que possible la place des bâtis et contre-bâtis, ou bien on fait après coup la taille nécessaire à la mise en place (fig. 312).

FENÊTRES

Les baies appelées fenêtres sont destinées à amener la lumière à l'intérieur et à permettre de voir au dehors. Elles sont de dimensions très variables suivant les constructions où elles sont établies ; dans la maison de rapport elles ont : $1^m,00 \times 2^m,00$, $1^m,05 \times 2^m,10$, $1^m,10 \times 2^m,15$, $1^m,20 \times 2^m,20$. Elles comprennent comme les portes, le tableau, la feuillure et l'ébrasement, mais elles ont en plus l'*allège*, petit mur d'environ $0^m,40$ de hauteur et qui va de la partie inférieure de la fenêtre au parquet.

L'allège est souvent couronné d'un appui en pierre, taillé en glacis pour assurer l'écoulement des eaux (fig. 313, 314). Dans les constructions économiques cet appui est fait en plâtre et recouvert de zinc. Un balcon en fonte vient compléter la hauteur de 1 mètre nécessaire pour empêcher les chutes en formant garde-fous.

La fenêtre est nue, c'est-à-dire sans aucun profil, ou bien elle est ornée d'un bandeau plat ou d'un chambranle mouluré. Elle

peut être décorée de crossettes, comme le montre notre dessin, ou d'un fronton plus ou moins riche, ceci ne change rien à la construction et l'on comprend que la décoration peut être faite de mille manières différentes.

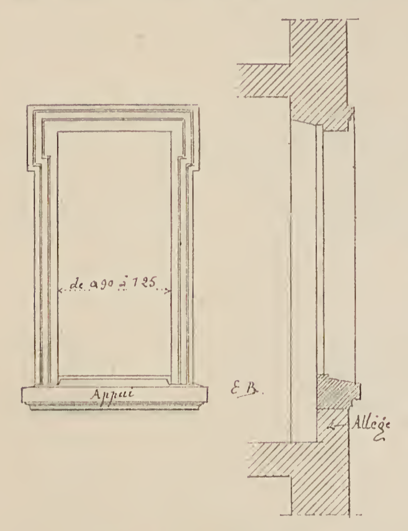


Fig. 313, 314. — Fenêtre.

La partie supérieure d'une fenêtre est faite de plusieurs manières : par un linteau en pierre comme dans notre figure 315, dans laquelle un monolithe franchit la portée et vient reposer sur les pieds-droits ; le linteau peut aussi être en bois, mais se fait plus fréquemment composé de deux fers double T assemblés à boulons ou à griffes.

Le linteau monolithe peut être soulagé au moyen d'un arc reportant le poids de la partie supérieure sur les deux pieds-droits ; cet arc plus ou moins rudimentaire peut être composé de deux pierres inclinées d'au moins 25° et butant au sommet l'une contre l'autre

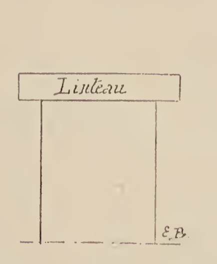


Fig. 315. — Linteau monolithe.

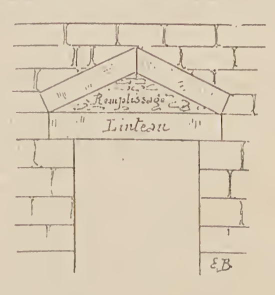


Fig. 316. — Linteau de décharge.

(fig. 316). Le triangle formé par l'ensemble de cet appareil est rempli d'une maçonnerie quelconque.

En l'absence de matériaux de dimensions relativement grandes, quand on ne dispose par exemple que de briques ou de moellons, on fait un cintre en maçonnerie sur lequel on vient construire un arc de décharge reportant le poids à supporter sur les côtés.

L'appareil en plate-bande (fig. 317) nécessite un linteau en fer carré. Ce linteau, que nous indiquons en ponctué, nous conseillons de le couder aux extrémités de manière à agrafer les deux sommiers SS, qui reçoivent la poussée des claveaux. Le plancher en fer doit toujours comporter un chevêtre au droit des baies couvertes par une plate-bande appareillée.

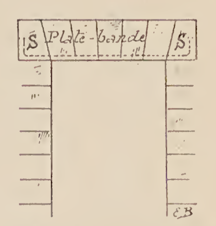


Fig. 317. — Appareil en plate-bande.

Nous devons encore mentionner les fenêtres géminées ou fenêtres à meneaux qui ne sont en réalité que des fenêtres doubles séparées entre elles par un étroit trumeau appelé *meneau* et qui n'est lui-même qu'une pile de faible dimension. L'emploi du meneau permet de profiter du grand éclairage que donne une grande baie sans donner aux menuiseries, devant faire la clôture, des dimensions dépassant celles ordinaires; mais d'autre part, les seuls volets qui conviennent à ces fenêtres sont ceux qui peuvent être repliés en tableau, parce qu'on comprend que le meneau qui a rarement plus de $0^m,35$ à $0^m,40$, ne saurait recevoir deux vantaux de volets ou de persiennes.

Au sujet des fenêtres, nous terminerons par le conseil donné aux constructeurs de ne faire de fenêtres cintrées qu'autant que celles-ci ne devront pas recevoir de fermetures extérieures, volets ou persiennes, parce que, lorsque ces fermetures doivent développer à l'extérieur, elles sont d'un très mauvais effet, et lorsqu'elles forment paquet en tableau, elles ne peuvent clore que jusqu'à la naissance de l'arc et laissent ainsi une partie plus ou moins considérable de la baie non protégée. Ces baies cintrées présentent aussi de graves inconvénients dans nombre de cas, l'adaptation des stores par exemple.

Lucarnes. — Les lucarnes sont des fenêtres de dimensions plus ou moins grandes pratiquées dans le rampant d'un comble. Elles se font en pierre ou en charpente. En pierre, elles se trouvent placées à l'aplomb même du mur de façade dont elles sont la continuation partielle et parfois même descendent plus bas que la corniche qui se trouve ainsi interrompue, ce qui est un inconvénient en ce sens que les eaux devant être récoltées entre les lucarnes, le nombre de tuyaux de descente se trouve augmenté. D'autres lucarnes sont construites en retraite de la corniche de manière à laisser passer le chéneau devant et sur toute la longueur de la façade sans interruption ; dans ce cas la lucarne n'est plus à l'aplomb du mur et repose sur le plancher (fig. 318, 319, 320).

Une lucarne se compose, comme une fenêtre, de deux pieds-droits, d'une allège et d'un linteau. La partie supérieure est généralement terminée par une partie triangulaire faisant fronton et s'accordant bien avec la petite toiture à deux versants, destinée à relier la lucarne à la toiture.

Les côtés de la lucarne, appelés *jouées*, se font rarement en

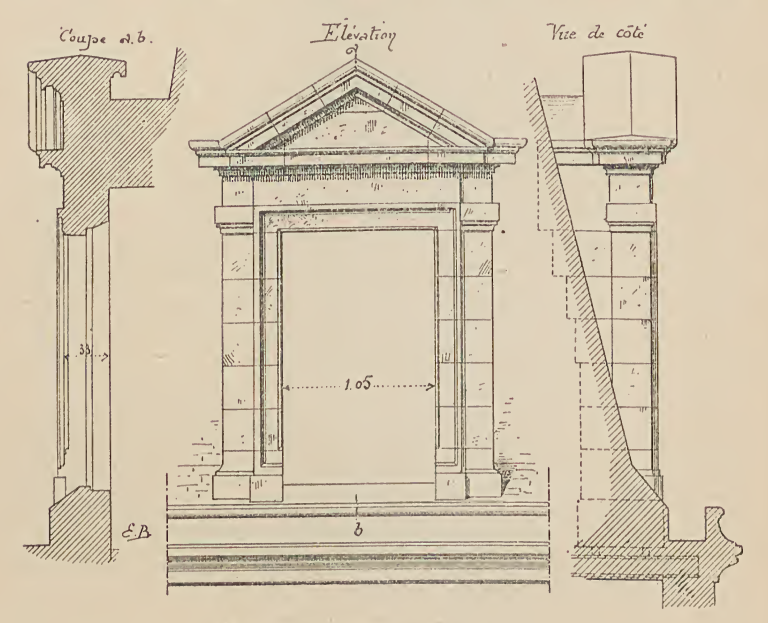


Fig. 318, 319, 320. — Lucarne.

pierre, quoique, lorsqu'on a affaire à un plancher en fer, ce surcroît de poids près de la portée des solives n'a pas grande importance ; le plus fréquemment, ces parties latérales sont comme le petit comble, construites en charpente, d'autant plus qu'il ne s'agit souvent que d'un espace très restreint, environ un espacement de chevrons.

Les lucarnes, comme d'ailleurs toutes les pénétrations dans les charpentes, créent des difficultés de couvertures et nous ne saurions trop recommander aux constructeurs de soigner l'étude du raccord en le simplifiant autant que possible, en évitant les formes compliquées, difficiles à couvrir, et qui sont les endroits les plus dangereux et où l'eau trouve plus facilement moyen de s'introduire.

BALCONS

Les balcons forment saillie sur les façades et sont supportés par des consoles. On distingue les petits et les grands balcons ; les premiers n'embrassent qu'une fenêtre, tandis que les autres occupent toute la largeur de la façade, moins les abouts, murs pignons, qui, nous l'avons vu, doivent rester entièrement nus.

Cet encorbellement est limité par un garde-corps en fer ou une balustrade en pierre ; à Paris, il est soumis à une réglementation spéciale.

Les hauteurs de 2^{m},60, 4^{m},00, 5^{m},75 fixées ci-contre sont mesurées du trottoir jusqu'au parement inférieur de l'aire de ces balcons.

Balcons (aires et garde-corps compris) :	SAILLIES AUTORISÉES		
	à 2^{m},60 au moins au-dessus du trottoir.	à 4^{m},00 au moins au-dessus du trottoir.	à 5^{m},75 au moins au-dessus du trottoir.
Dans les voies de 7^{m},80 et 9^{m},75 de largeur.	»	»	0^{m},50
Dans les voies de 9^{m},75 et au-dessus.	»	0^{m},50	0^{m},80

Les consoles et autres supports des grands balcons de 0^{m},80 de saillie peuvent avoir cette même saillie mais seulement dans une hauteur de 0^{m},80 en contre-bas du parement inférieur de l'aire.

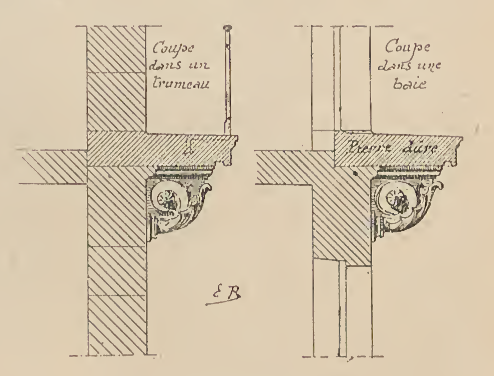


Fig. 321, 322. — Balcons.

Les dalles formant les balcons doivent être en pierres dures résistant bien aux intempéries et avoir de 0,25 à 0^{m},30 d'épaisseur. Elles sont encastrées de toute l'épaisseur du mur, sauf au droit des baies (fig. 321, 322) et soulagées par des consoles ou corbeaux placés de préférence aux joints des pierres (fig. 323).

Il n'est malheureusement pas toujours possible de faire les joints sur les consoles, on doit parfois franchir un grand espace sans point de soulagement et être obligé, par les conditions d'extraction de la pierre choisie, de mettre le balcon en deux morceaux. Alors, on peut avoir recours à un des moyens d'assemblage que nous indiquons dans nos figures 91, 92, 93, 94, de manière qu'une flexion se produisant dans une partie, l'autre dalle soit immédiatement intéressée.

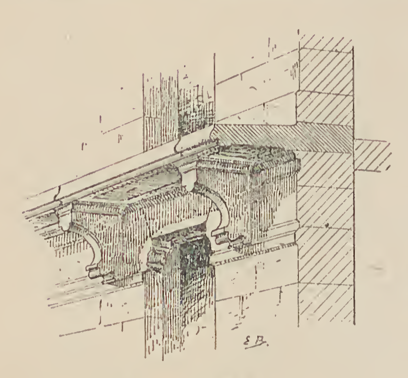


Fig. 323. — Balcon.

Les pierres convenant à la construction des balcons doivent être d'un grain fin, compact, et, comme dureté, donner la résistance de celles portant les numéros 1, 2 et 3 de taille. La pierre de Comblanchien, par exemple, fait d'excellents balcons.

Dans les localités où la pierre dure fait défaut, on peut construire les balcons en pierre de moyenne dureté, mais alors il est prudent de garnir l'aire d'une table en plomb ou d'une forte garniture en zinc qui la protège contre les eaux.

Comme le montrent nos figures, le dessus d'un balcon doit commencer au nu de la façade par un congé et être continué par une faible pente vers le dehors. Aux extrémités, la pierre conserve toute son épaisseur (sur $0^{m},05$ de largeur environ), pour que l'eau ne se trouve pas projetée latéralement et ne vienne mouiller le mur de face. Au droit des baies la pente est continuée jusqu'à la feuillure où elle se relève en congé.

On profite souvent, au dernier étage des maisons de rapport, de la saillie de la corniche pour faire un balcon, en plaçant en retraite le mur de façade ; c'est la disposition que nous avons indiquée dans nos figures 40 et 41 et qui est soumise à Paris à de certaines règles que nous allons rapidement examiner.

La saillie des corniches ou entablements en maçonnerie de plâtre ne doit pas excéder $0^{m},16$.

La saillie des corniches ou entablements en bois, sur pan de bois, ne pourra excéder $0^{m},25$.

La saillie des corniches ou entablements en pierre de taille, en bois ou en métal sur façade en pierre, moellons ou briques, ne pourra excéder l'épaisseur du mur à son sommet, excepté

dans les voies de 20 mètres de largeur et au-dessus, et sous les conditions suivantes : 1° le mur n'aura pas à son sommet plus de 0m,45 d'épaisseur ; 2° la saillie de l'entablement ne dépassera pas 0m,65 ; 3° les assises en pierre composant l'entablement auront, en arrière du parement extérieur du mur, une longueur au moins égale à leur saillie.

Balustrades, balustres. — Une balustrade est un garde-corps s'élevant à hauteur d'appui, ou un mètre environ, et composé d'une suite de balustres couronnés par une tablette, ou encore une clôture basse à claire-voie ou même complètement aveugle, c'est-à-dire pleine. Ainsi, par exemple, la balustrade que nous représentons (fig. 324, 325, 326) pourrait n'être défoncée que sur une certaine profondeur et présenter la même décoration ; cette

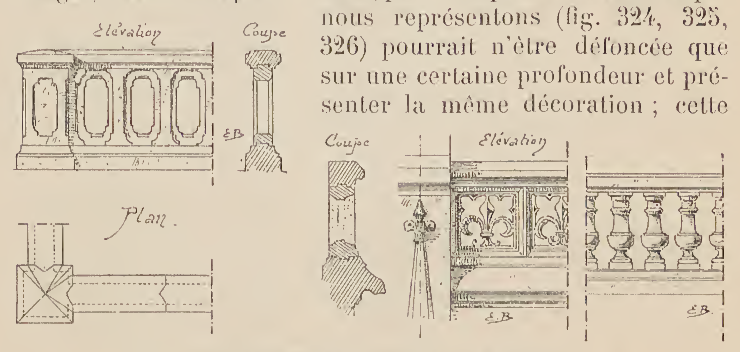


Fig. 324, 325, 326, 327, 328, 329. — Balustrades.

disposition est fréquente surtout quand, pour une raison quelconque, on doit dissimuler un chéneau ou des abouts venant couper la balustrade vers la moitié de sa hauteur.

La décoration des balustrades varie à l'infini, on comprend la diversité des motifs propres à remplir l'intervalle entre le socle et la tablette (fig. 327, 328). Mais la balustrade la plus ordinairement employée se compose simplement d'un socle et de balustres carrés ou ronds, recouverts d'une tablette, le tout dans le genre de notre croquis (fig. 329).

Une balustrade se compose : de la partie inférieure qui forme socle ou plinthe ; de la partie verticale, formant panneaux aveugles ou ajourés, ou encore simplement de balustres ; enfin de la tablette profilée plus ou moins simplement comme l'indiquent nos croquis.

Elle est toujours terminée aux angles, et parfois divisée en plusieurs séries de balustres par des pilastres pleins et d'une forme inspirant l'idée de stabilité dans le genre de celui que nous avons montré figure 324 et qui est flanqué d'une ailette

sur laquelle vient reposer la tablette. Parfois, cette ailette est remplacée par un demi-balustre.

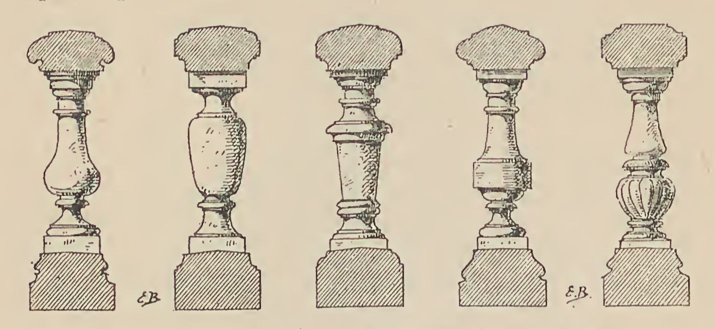


Fig. 330, 331, 332, 333, 334. — Balustres, socles, mains-courantes.

Nos figures 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337 montrent des exemples de balustres, de tablettes et de socles.

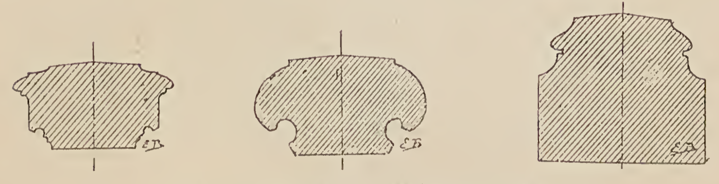


Fig. 335, 336, 337. — Mains-courant s.

Les balustres sont, comme les colonnes, composés de trois parties : une base, un fût et un chapiteau.

La base est presque toujours formée d'un socle carré surmonté d'un tore, d'une scotie et de quelques profils, filets ou baguettes.

Le fût, tourné ou carré, affecte, d'une manière générale, la forme ventrue d'une gourde et présente par le haut une partie étroite surmontée d'une astragale, et en bas, une portion fortement élargie.

Le chapiteau est composé d'une tablette carrée formant tailloir, d'un quart de rond et d'un filet.

La tablette est, nous l'avons dit, plus ou moins moulurée, outre les exemples que donnent les balustres, les figures 335 et 336 montrent deux profils différents : dans le premier, des lignes fines et délicates convenant à une pierre dure et de grain fin, et dans le second une sobriété de formes convenant plutôt à une pierre à gros grains dans laquelle des profils recherchés ne sauraient être obtenus.

Le socle ne comporte généralement que des profils simples et qui ne peuvent prendre d'ailleurs que la pierre laissée en dehors de la base du pilastre. Notre figure 337 donne un exemple qui nécessite déjà une grande largeur de pierre ; un cavet, un filet et un quart de rond suffisent généralement.

Les dimensions des différentes parties d'une balustrade sont très variables. On comprend que cet élément d'architecture doit présenter un aspect de lourdeur, de force ou de légèreté suivant l'importance et le caractère de l'édifice où il est appelé à figurer. Nous allons cependant essayer de donner quelques cotes se rapportant à des cas les plus courants et d'ailleurs bien déterminés.

1° Balustrade avec panneaux ajourés :

Socle, masse avant ravalement, largeur $0^{m},28$ pour $0^{m},26$ ravalé, hauteur $0^{m},20$.
Panneaux, épaisseur avant ravalement $0^{m},18$ pour $0^{m},16$ ravalé.
Tablette, masse avant ravalement, largeur $0^{m},28$ pour $0^{m},25$ ravalé, hauteur $0^{m},16$.
Pilastres mesurés au fût $0^{m},35 \times 0^{m},35$ pour $0^{m},33$ ravalé.

2° Balustrades à balustres tournés :

Socle, largeur $0^{m},30$, hauteur $0^{m},24$.
Balustre, le socle, le tailloir et la partie renflée du milieu sont pris dans une masse de $0^{m},17 \times 0^{m},17$ environ.
La partie étroite équivaut à moitié de la partie large.
Tablette, elle égale en hauteur la plus grande largeur du balustre et a $0^{m},28$ à $0^{m},30$ à sa plus grande dimension.

Les balustres sont écartés les uns des autres de l'espace nécessaire pour équilibrer sensiblement les vides et les pleins. Bien entendu, leur grosseur varie avec la hauteur de la balustrade ; il y en a qui n'ont que $0^{m},10$ et même $0^{m},08$ de diamètre maximum.

L'assemblage des balustrades se fait de la manière la plus simple, chaque balustre porte haut et bas des goujons en bronze (on les fait quelquefois en fer galvanisé, par raison d'économie) qui pénètrent dans le socle et dans la tablette. Les pierres formant les tablettes et les socles sont également réunies au moyen de crampons à deux coudes qui rendent l'ensemble solidaire.

Les pierres employées dans la construction des balustrades doivent toujours être dures, non gélives, et, de plus, le constructeur doit se préoccuper sérieusement d'empêcher l'eau de séjourner, de rendre les pierres imperméables au moyen d'un enduit léger qui bouche les pores, et ne pas laisser de surfac

horizontales, mais bien faire, autant que l'autorise l'architecture adoptée, des glacis prononcés et des larmiers efficaces.

On fait aussi des balustrades en terre cuite. Au point de vue de la forme, elles ne diffèrent pas de celles en pierre, mais elles permettent par le moulage une plus grande richesse tout en coûtant moins cher.

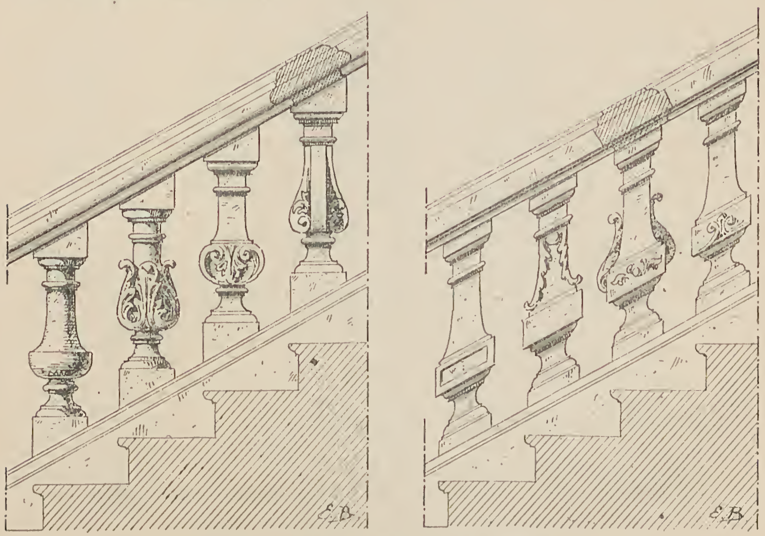


Fig. 338, 339. — Balustres rampants.

Nous devons mentionner aussi les balustrades construites en poteries demi-cylindriques creuses que l'on pose par rangs successifs chevauchés ; les cloisons de briques dans lesquelles on réserve des vides qui affectent toutes les formes compatibles avec le rectangle que donne la brique.

Immédiatement après les balustres, nous allons examiner les escaliers en pierre. Nous terminerons donc en disant quelques mots des balustrades rampantes.

Dans ce genre de balustrades qui sont toujours appliquées aux escaliers, les balustres restent verticaux ; leurs chapiteaux et les socles de leurs piédouches s'engagent dans les plans inclinés, limon et main-courante, dans lesquels une mortaise est préparée pour les recevoir.

Les balustres, ronds ou carrés, ne diffèrent de ceux que nous venons d'examiner que par la dimension plus grande du socle et du tailloir. Dans notre figure 338 nous avons varié les motifs de décoration des balustres de manière à documenter davantage.

Les balustres profilés suivant le rampant (fig. 339) ne sont pas à recommander, cependant certains constructeurs ont fait même des balustres ronds profilés suivant le rampant. Outre que c'est un travail fort long et difficultueux, ces balustres sont d'un très mauvais effet.

ESCALIERS EN MAÇONNERIE

Dans un chapitre spécial, *Généralités sur les escaliers*, nous examinons les conditions générales communes à tous les escaliers, qu'ils soient construits en bois, pierre ou fer, et qui sont indépendantes de la matière mise en œuvre.

La pierre destinée à la construction des marches d'escaliers, et en particulier les perrons, doit être pleine, d'un bon grain fin, très dure, résistant bien à l'user sans cependant être susceptible de se polir, et enfin capable de résister aux intempéries et aux agents atmosphériques. Les liais de Tonnerre, de Grimault et enfin la pierre de Comblanchien conviennent pour cet usage. Pour les marches de cave, qui sont peu exposées à être mouillées, on peut employer des roches coquillières dures; ici le grain peut être moins fin et une pierre légèrement rugueuse présente cet avantage d'être moins glissante.

Profils et sections des marches. — Aux escaliers qui doivent supporter une grande fatigue, il est préférable de ne

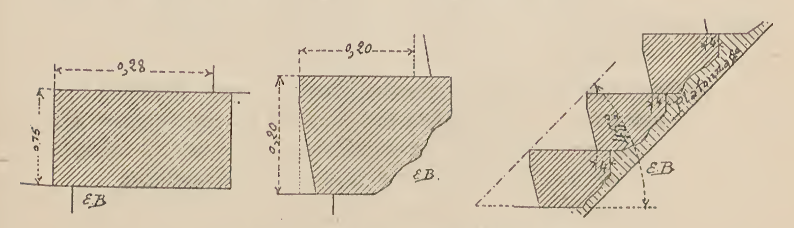


Fig. 340, 341, 342. — Marches de cave.

pas profiler les marches et de se contenter de leur donner une section rectangulaire (fig. 340); s'il s'agit d'un escalier de cave dans lequel les marches ont généralement 0^{m},20 de hauteur pour 0^{m},20 de giron, on peut tailler la pierre en biseau, suivant la figure 341, ce qui augmente le giron à la montée, mais n'apporte aucun avantage à la descente. (Autrement l'échelle de meunier à laquelle l'absence des contremarches permet de faire

recouvrir les degrés les uns par les autres serait un escalier très commode.) Dans tous les cas, comme il est très mauvais pour la pierre de laisser l'eau y séjourner, il convient de donner aux marches une légère inclinaison.

Les marches doivent faire recouvrement les unes sur les autres d'au moins $0^m,03$ (fig. 342) et si elles sont non apparentes du dessous, peuvent ne pas être taillées à angle vif, ainsi que le montre une des marches du croquis précédent et dans laquelle l'angle non vu n'est pas à angle vif.

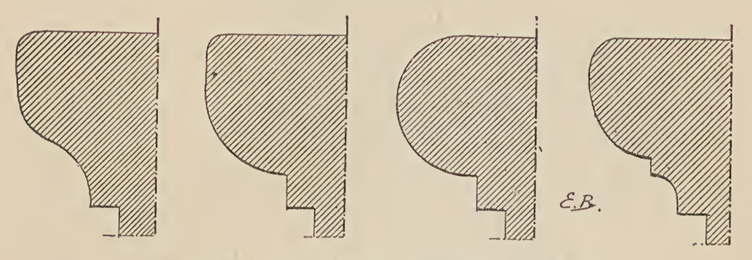


Fig. 343, 344, 345, 346. — Profils de marches.

Dans les escaliers soignés et devant présenter une certaine décoration, on orne les marches d'un profil appelé *astragale*. La délicatesse de cette moulure est en raison de la résistance de la pierre, mais en général on peut conseiller les profils simples, robustes et conçus en tenant compte de l'usure, c'est-à-dire en évitant toute arête vive à la partie supérieure où elle serait promptement et irrégulièrement usée par le frottement du pied. Voici à titre d'exemple (fig. 343, 344, 345 et 346) quelques-uns des profils les plus couramment employés.

Escaliers de caves. — Les escaliers de caves destinés à la descente des pièces de vin sont toujours en pierre. On ne fait en chêne que certains escaliers destinés seulement au service intérieur, et qui sont d'ailleurs de plus petite dimension.

Ce genre d'escalier ne doit pas avoir moins de $0^m,90$ de largeur et son inclinaison mesurée sur le giron ne doit pas dépasser 45°, c'est-à-dire que les marches ne doivent pas avoir plus de $0^m,20$ de hauteur ni moins de $0^m,20$ de largeur.

Les escaliers de caves sont presque toujours construits entre les murs, et les marches, taillées sur épure, sont posées au fur et à mesure que la maçonnerie monte. Ces marches sont ainsi scellées dans la maçonnerie et ne nécessitent pas de limon.

La partie de maçonnerie jouant le rôle de limon dans les escaliers à simple révolution prend le nom de mur d'échiffre ;

généralement pour des escaliers ayant jusqu'à 1m,20 de largeur ou d'emmarchement on le construit en brique de 0m,22 ou en moellon de 0m,35 à 0m,40. Le dessous d'escalier peut être utilisé comme caveau, débarras, il suffit d'y fixer une porte.

Perrons. — Généralement appelés *perrons*, ces escaliers extérieurs, très exposés aux influences climatériques, doivent être particulièrement soignés dans leur construction ; ils doivent être assis sur une fondation suffisante et faite de bons matériaux non attaquables par l'humidité du sol ; sur cette fondation, on établit une bonne maçonnerie, massif de meulière ou moellon dur hourdé de mortier hydraulique et présentant des degrés sur lesquels viendront reposer les marches ; les marches et palier doivent être en pierre très dure, non gélive, de grain fin et serré ; on doit leur donner la plus forte inclinaison compatible avec la faculté qu'a la pierre employée de prendre le poli et par conséquent de devenir glissante, et faire les joints bien soignés, complètement remplis, et naturellement chevauchés pour lier l'ensemble. Ce glacis ou pente vers l'avant a pour but d'empêcher les eaux de séjourner sur les marches.

On distingue plusieurs formes de perrons :

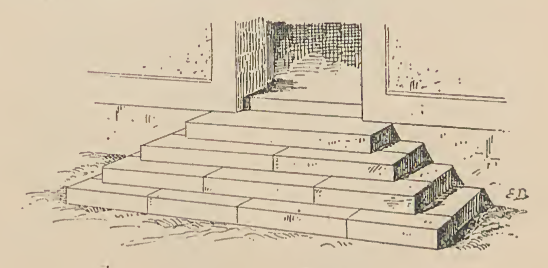


Fig. 347. — Perron.

1° Le perron à marches parallèles à la façade avec retours, comme le montre la figure 347.

La marche supérieure, qui prend le nom de palier, doit être égale à environ deux fois la plus grande dimension des marches ; elle doit pouvoir contenir plusieurs personnes, car on s'arrête volontiers à causer soit en entrant, soit en sortant, et une marche simple serait insuffisante.

Parfois, au lieu de laisser les angles des retours vifs, on les arrondit et on les coupe à 45° ; cela adoucit la forme, mais est certainement un surcroît de dépense.

2° Le perron à marches parallèles à la façade et posées entre

murs. Ici on peut remplacer le massif par des murs en gradins en nombre proportionnel à la largeur de l'emmarchement

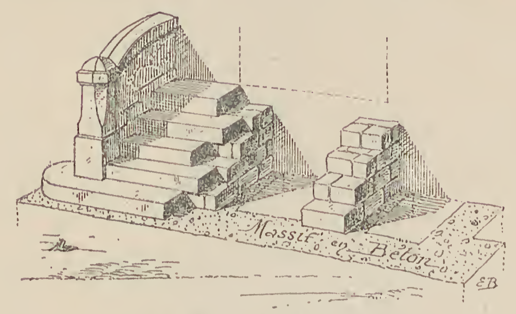


Fig. 348. — Perron droit.

(fig. 348). Les marches posées sur ces murs d'échiffres sont ensuite recouvertes de pierres appareillées pour former des gradins, ou un rampant de limon pouvant recevoir des balustres ou une rampe.

3° Les perrons dont les limons ne sont pas parallèles et qui,

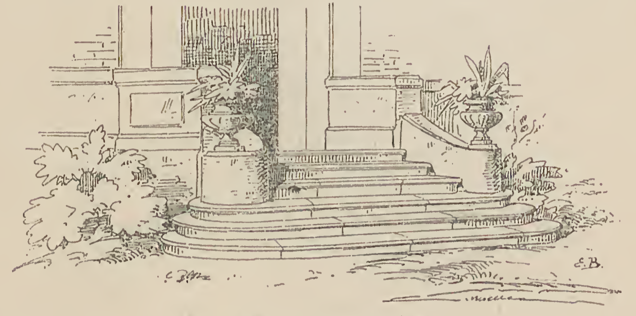


Fig. 349. — Perron mixte.

de forme courbe, se terminent en volutes à l'extrémité (fig. 349).

4° Les perrons à marches perpendiculaires à la façade avec une ou deux montées qui sont en réalité des perrons entre murs, adossés à une façade.

5° Les perrons à marches courbes comprenant une descente unique ou deux séries de degrés (fig. 350-351). Ces perrons comportent toujours un large palier, sorte de balcon sur lequel on aime à se réunir pour causer et se reposer pendant la belle saison.

6° Toutes les combinaisons mixtes avec paliers de repos, marches droites ou courbes, limons rectilignes ou cintrés, etc.,

que l'on peut être appelé à étudier suivant les conditions particulières à chacun des cas qui se présentent.

Plus simples encore, et surtout plus économiques, sont les

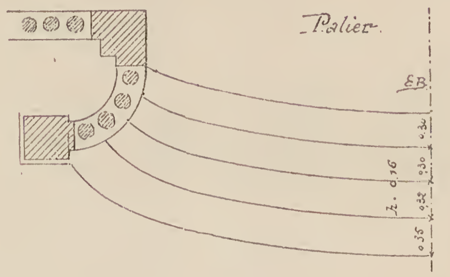


Fig. 350. — Perron courbe.

perrons exécutés en maçonnerie et enduits en ciment. La seule bonne disposition à prendre est de border le nez de marche d'un fer propre à donner le profil nécessaire.

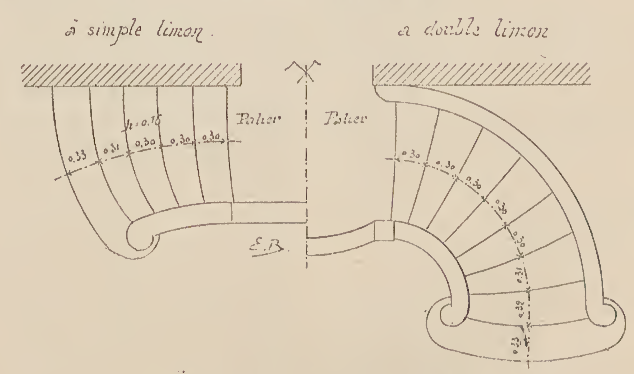


Fig. 351. — Perrons courbes.

On emploie presque toujours la pierre dure et résistante pour exécuter les seuils et les perrons, pourtant on en fait aussi en béton moulé, ce qui, en supprimant la taille, toujours coûteuse, réalise une sérieuse économie.

Une précaution utile, et qui d'ailleurs ne peut que contribuer à la décoration, est de couvrir le perron ou l'escalier extérieur quelconque au moyen d'une marquise en donnant à cette dernière une étendue suffisante pour garantir les pierres du contact de l'eau et de la neige.

Escaliers extérieurs. — Ces escaliers ne se font plus

beaucoup aujourd'hui. Au moyen âge, l'escalier extérieur était employé comme motif de décoration ; à présent, on préfère garder cette ressource pour l'intérieur. Placé à l'extérieur, l'escalier gêne moins la distribution du plan, mais nécessite une couverture et même une clôture complète, autrement on serait exposé en montant à recevoir la pluie, et on aurait aussi moins de sécurité.

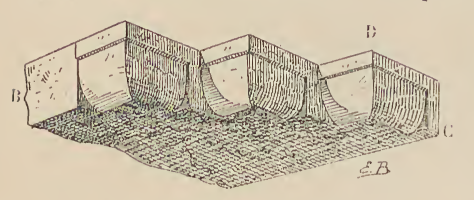


Fig. 352. — Marche évidée.

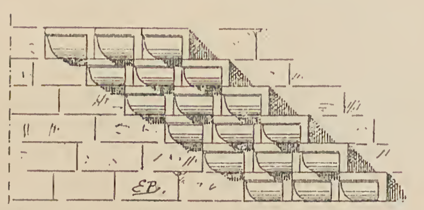


Fig. 353. — Escalier en encorbellement.

Ces escaliers, généralement droits, étaient souvent établis en encorbellement contre les murs ; en voici un curieux exemple que donne M. Viollet-le-Duc : « Chaque marche était taillée ainsi que l'indique la figure 352, la partie B destinée à être engagée dans la muraille. Posant ces marches, ainsi combinées, les unes sur les autres, de manière à ce que le point C vînt tomber sur le point D,

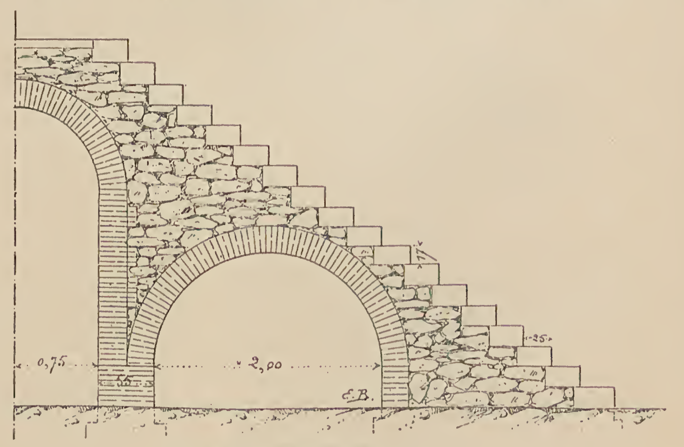


Fig. 354. — Escaliers sur arcs.

elles étaient toujours portées par une suite de retraites présentant un encorbellement des plus solides... » Nous donnons (fig. 353) une élévation de ce même escalier.

L'escalier le plus fréquemment employé était celui à rampe droite accolé au mur et dans lequel les marches, scellées d'un bout, reposaient de l'autre sur un mur d'échiffre souvent allégé au moyen d'arcs qui permettaient d'utiliser le dessous de l'escalier (fig. 354).

« Mais parfois, dit encore M. Viollet-le-Duc, la place manque pour obtenir une pente douce, et on est obligé de monter suivant un angle de 45°, ce qui donne des marches aussi larges que hautes et ce qui rend l'ascension dangereuse ou fort pénible. En pareil cas, les constructeurs, observant avec raison que l'on ne met jamais qu'un pied à la fois sur chaque marche, soit pour monter, soit pour descendre, et que par conséquent il est inutile qu'une marche ait la largeur nécessaire à la pose du pied dans toute sa longueur, ces constructeurs, disons-nous, ont disposé leurs marches en coins, ainsi que l'indique la figure 355, de manière à ce que deux marches eussent ensemble 0m,30 de hauteur et chacune 0m,30 d'emmarchement par un bout, ce qui permettait d'inscrire la rampe dans un angle de 45°. Seulement il fallait toujours poser le pied droit sur la marche A, le pied gauche sur la marche B, en descendant, ou le contraire en montant. » Le tracé perspectif ci-dessus fait bien comprendre ce système ingénieux qui fait le plus grand honneur aux architectes qui l'ont conçu, mais dont nous n'oserions conseiller l'application parce qu'il nécessite une descente et une montée méthodiques en dehors desquelles les accidents seraient très fréquents.

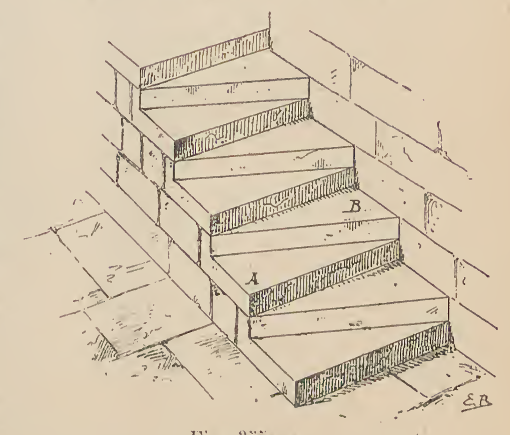


Fig. 355.
Escalier à marches triangulaires.

Escaliers intérieurs. — Ils comprennent : les escaliers entre murs; les escaliers à vis; les escaliers à quartiers tournants; les escaliers rompus en paliers, etc.

Escaliers entre murs. — On se contente généralement de sceller les marches aux deux extrémités dans les murs ou de les faire reposer sur des corbeaux préparés exprès pour les

recevoir et de leur faire faire, les unes sur les autres, un recouvrement de 0m,03 à 0m,04. On plafonne ensuite en dessous, si les marches n'offrent pas un parement suffisamment propre.

Mais ce mode de faire n'est praticable que si la faible largeur de l'escalier peut être franchie par les marches. Dans le cas contraire, on doit avoir recours à une ossature métallique, ou franchir la portée en établissant une voûte rampante sur l'extrados de laquelle on vient assembler les marches (fig. 356).

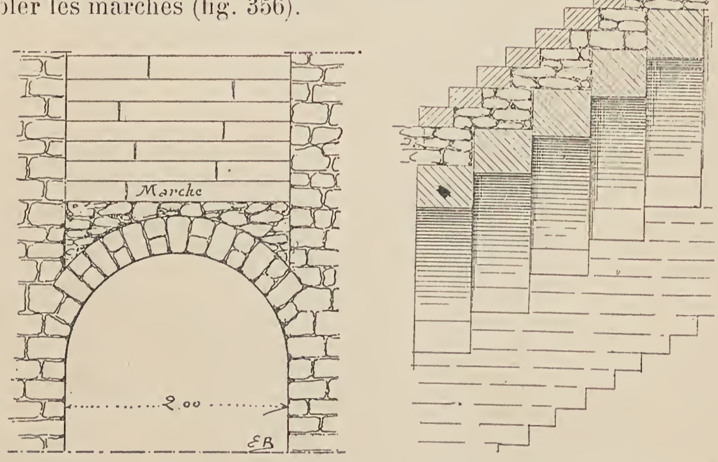


Fig. 356. — Escalier à voûte rampante. Fig. 357. — Escalier sur arcs.

Dans un escalier droit, on peut remplacer la voûte rampante par une série d'arcs construits de manière à former degrés (fig. 357); ce dernier moyen est d'une taille plus simple

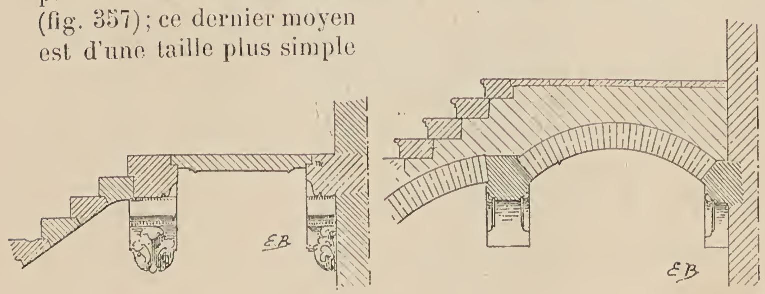


Fig. 358, 359. — Paliers.

que le précédent. Il va sans dire que dans ces escaliers on peut facilement décorer le plafond, les arcs en degrés se prêtent surtout au ravalement.

Le palier peut être d'une pièce, cela dépend de la pierre dont on dispose, mais si l'on n'a pas à sa disposition des matériaux de dimensions suffisantes, on peut appareiller les éléments de manière à former un palier dans le genre de ceux que nous représentons (fig. 358, 359).

Escaliers à vis. — Nous étudions d'autre part, dans les charpentes en fer et en bois, les escaliers à vis construits à l'aide du fer ou du bois. Nous voyons qu'ils empruntent à ces éléments de construction des formes incompatibles avec l'emploi de la pierre. En effet, en bois ou en fer, chaque marche peut être une sorte de potence fixée sur le noyau, tandis qu'en pierre, il est indispensable que chaque marche reposant, soit sur la marche précédente, soit sur le noyau qu'elle forme, porte à l'autre extrémité sur un mur d'échiffre ou sur des colonnettes (fig. 360, 361).

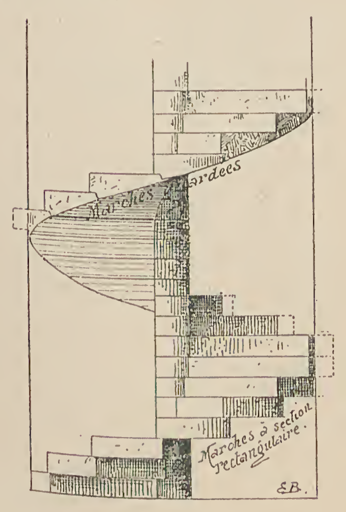


Fig. 360.
Escalier à vis.

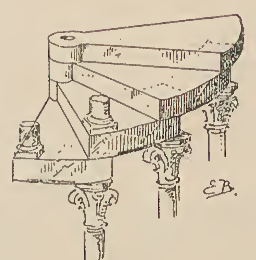


Fig. 361.
Marches sur colonnes.

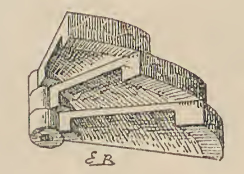


Fig. 362.
Évidement de marches.

Les marches peuvent elles-mêmes former le noyau, elles prennent alors la forme indiquée dans notre croquis perspectif (fig. 362), dans lequel on voit le dessous de la marche évidé pour augmenter la hauteur libre entre marche et plafond. On ajoute à la solidité, tout en facilitant le montage en mettant dans chaque marche un goujon de bronze qui la rend solidaire de la précédente.

Si, pour donner une plus grande facilité de montée ou plutôt

une échappée plus grande, on veut excentrer l'escalier et qu'on donne alors au noyau une dimension considérable, on entaille dans la pierre dont ce noyau est composé les emplacements nécessaires pour recevoir les abouts des marches (fig. 363). Si ce noyau atteint une trop grande dimension, on peut le construire creux et alors se servir de cette cheminée pour un usage quelconque, la ventilation par exemple.

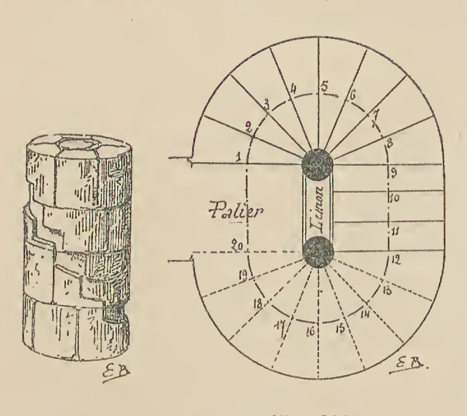


Fig. 363.
Noyau.

Fig. 364.
Escalier à double noyau.

La cage de l'escalier à vis n'est pas absolument forcée d'être de forme ronde, elle peut être aussi polygonale et même carrée.

La vis à double noyau (fig. 364) peut dans nombre de cas être fort utile ; en effet, l'hélice simple présente toujours des difficultés pour trouver l'échappée et surtout les paliers. Un palier de trois marches représente trois hauteurs de degrés perdues pour l'échappée ; or, cette disposition comprenant un rectangle et deux hémicycles permet de donner, au lieu de treize divisions en plan, comme nous le disons aux généralités, un nombre indéfini de marches et par conséquent des paliers et une échappée également illimités.

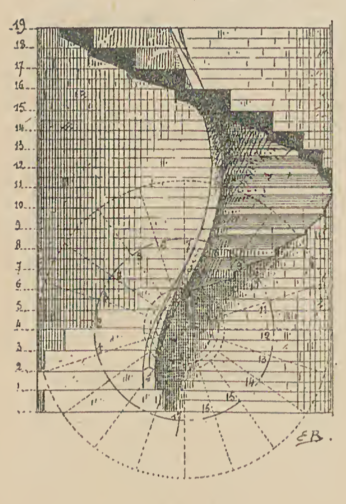


Fig. 365.
Escalier en hélice.

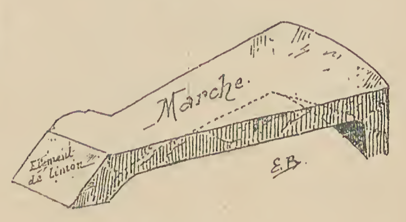


Fig. 366.
Vue d'une marche.

Escaliers à hélices. — Ces escaliers sont aussi appelés *vis à jour*, c'est-à-dire que le centre, au lieu d'être occupé par un noyau, est entièrement vide. Les marches, scellées dans le mur d'échiffre, reposent vers le centre les unes sur les autres, et par la réunion de leurs extrémités peuvent former une sorte de limon (fig. 365, 366).

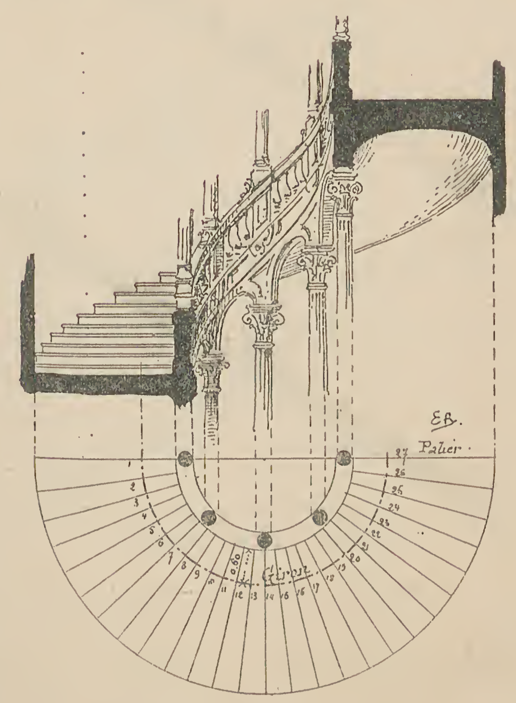


Fig. 367. — Escalier en hélice.

Quand ces escaliers prennent des proportions plus amples, que le jour devient plus considérable, on établit une voûte rampante portée sur le mur d'échiffre et sur des colonnes, comme le montre notre figure 367.

Escaliers multiples. — La forme circulaire, comme les autres d'ailleurs, permet l'établissement de plusieurs escaliers distincts dans une même cage et pouvant au besoin n'avoir aucune communication entre eux. Mais, pour qu'il soit possible d'établir des escaliers de ce genre à plusieurs révolutions superposées, il est indispensable que les étages desservis présentent une grande hauteur. Ainsi, par exemple, un étage des-

servi par deux escaliers (fig. 368) devra avoir, si on admet $2^m,60$

Fig. 368. — Escalier double.

de hauteur d'échappée : 2 fois $2^m,60 = 5,20 + 0,30$ épaisseur maximum de palier, soit $5^m,50$.

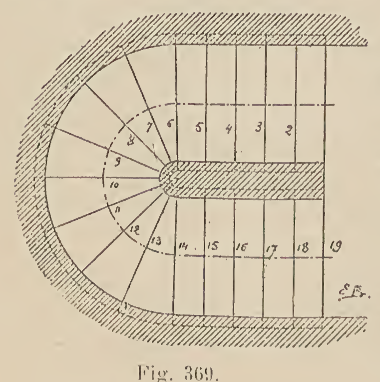


Fig. 369.
Escalier entre murs.

Escaliers à quartiers tournants entre murs. — L'escalier droit et l'escalier à vis combinés donnent celui à quartier tournant ; c'est un escalier droit qui, à un endroit déterminé, commence à balancer les marches, c'est-à-dire à les faire rayonner, pour, après une demi-circonférence, revenir en partie droite parallèlement à la première (fig. 369).

Escaliers à quartiers tournants à jour. — Ce sont les mêmes que les précédents

avec cette différence que le mur central est supprimé. Dans ce cas, les marches doivent être appareillées, c'est-à-dire qu'elles doivent avoir la coupe que nous donnons (fig. 370).

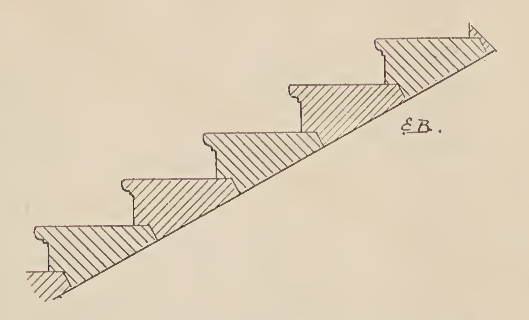
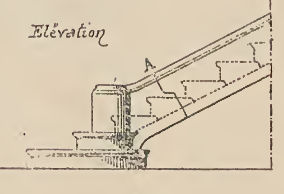


Fig. 370. — Appareil d'escalier en pierre.

Dans notre chapitre *Généralités sur les escaliers* nous passons en revue les différentes formes ; nous n'avons donc plus, puisque les formes convenables sont communes à tous les escaliers quels que soient les matériaux employés pour le construire, qu'à examiner certains détails de la construction d'escaliers, particuliers à l'emploi de la pierre.



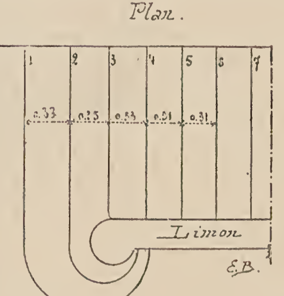


Fig. 371, 372.
Départ et limon.

Départ, pilastre, limon. — Dans les escaliers en général la première et parfois la deuxième marche sont en pierre, dans ceux qui nous occupent il en est bien entendu de même.

Le limon, à son départ, s'appuie sur la première marche dans laquelle il est légèrement engagé, pénètre dans la partie verticale de la seconde et vient reposer sur la partie horizontale. Ce départ de limon forme souvent noyau (fig. 371, 372) et se continue sur une certaine longueur, puis est coupé d'assemblage pour recevoir la partie droite du limon, en A. Beaucoup plus économique est le limon en fer garni d'une chemise de stuc.

Les pilastres de départ sont un des principaux motifs de décoration intérieure. Traités d'une richesse en harmonie avec la rampe ou balustrade, ils motivent bien le départ et sont d'un bel effet. En voici des exemples (fig. 373, 374).

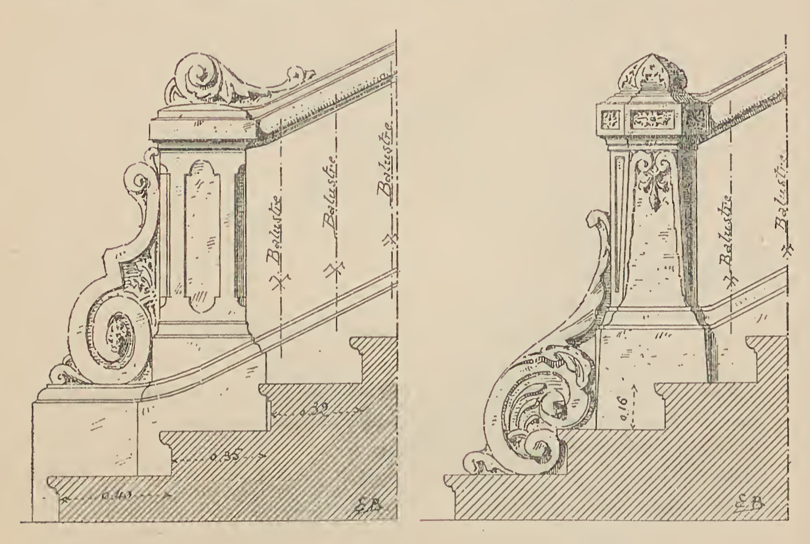


Fig. 373, 374. — Pilastres de départ.

Paliers. — Quand les dimensions de la cage sont très restreintes et qu'on dispose de pierres de grandes dimensions, le palier peut être d'une seule pièce, et est alors taillé à la demande pour recevoir l'arrivée et le départ des limons. Mais il en est rarement ainsi et il faut construire paliers et limons au moyen d'arcs et de fractions de voûtes. (Voir notre croquis figure 359.)

CHAPITRE III

PAVAGES DIVERS

Pavages en revêtement. — Pavage céramique. — Pavage en linoléum. — Pavage d'asphalte comprimé. — Pavage en bois. — Pavage en bois à fibres obliques. — Pavage en galets.
Pavage en grès. — Pavé de ville, bâtard, de deux ou de refend. — Qualité du pavé. — Forme de sable. — Ruisseaux. — Bordures de trottoirs. — Bordures refouillées. — Jointoiement. — Bain de mortier. — Aire en béton.
Pavage en brique.

REVÊTEMENTS EN FAÏENCE

La faïence. — Fabrication. — Emaux. — Oxydes colorants. — Faïences du commerce.

CARRELAGES DIVERS

En terre cuite. — Carreaux divers. — Carrelages en briques.
Agglomérés. — Carrelages Coignet. — Carreaux en ciment comprimé.
Carrelages céramiques. — Description. — Mise en œuvre.
Mosaïque. — Description. — Travail du mosaïste.

DALLAGES DIVERS

En asphalte. — Cuisson. — Mastic. — Mélange. — Façon. — Asphalte comprimé.
En ciment. — Aire en béton. — Gravillon. — Précautions. — Formes à donner aux dallages.
En pierre. — Les pierres propices. — Dallages des trottoirs.

PAVAGES EN REVÊTEMENT

Pavage céramique — Ce pavage trouve son application dans le revêtement du sol des cours, écuries, halles, trottoirs, portes cochères, terrasses, usines, écoles, gares, etc. Il est composé de petits carreaux dont les dimensions varient de $0^m,14$ à $0^m,165$ et plus de côté, qui sont unis, bouchardés, rayés, striés, à chanfreins ou quadrillés, et présentent les formes que nous

représentons figures 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386. Ces petits pavés ont environ $0^m,035$ d'épaisseur

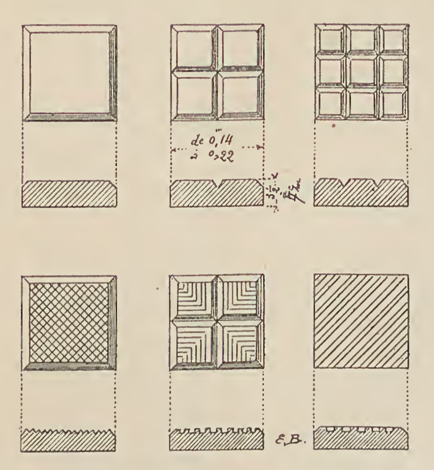


Fig. 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386.
Carreaux divers.

et doivent être posés à bain de ciment de Portland sur un béton de $0^m,20$ au moins.

Voici, figure 387, un exemple d'application à une porte cochère.

Pavage d'asphalte comprimé. — La Société civile des mines de bitume et des asphaltes du centre, fabrique à son usine de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme) des pavés d'asphalte comprimés à 600 kilogrammes par centimètre carré.

Si on considère que la compression de l'asphalte comprimé sur place au moyen pilon mu à bras d'homme est loin d'atteindre régulièrement 80 kilogrammes par centimètre carré, on comprendra quelle différence considérable de dureté et d'imperméabilité doit donner la puissante compression mécanique.

Les pavés d'asphalte comprimé sont de deux formes : $0^m,10 \times 0^m,20$ et $0^m,14 \times 0^m,14$. Ils sont unis ou à chanfreins sur les bords ; les épaisseurs varient de $0^m,025$ à $0^m,05$.

Les pavés de $0^m,10 \times 0^m,20 \times 0^m,05$, unis, s'appliquent particulièrement aux chaussées ; celui de $0^m,10 \times 0^m,20 \times 0^m,04$ aux cours d'habitations et aux passages de portes cochères.

Pour les écuries, on emploie de $0^m,10 \times 0^m,20 \times 0^m,03$ chanfreiné ; celui de $0^m,14 \times 0^m,14$ uni, sur une épaisseur de $0^m,025$ à $0^m,03$ sert pour dallages de trottoirs, d'ateliers, etc. ; enfin

celui de $0^m,14 \times 0^m,14 \times 0^m,025$ à $0^m,03$ chanfreiné, trouve son application dans les vestibules, salles à manger, salles de bains, salles de billards, etc.

La matière employée pour la fabrication est un calcaire bitumineux contenant environ 12 p. 100 de bitume imprégné.

Ce calcaire bitumineux, finement broyé est d'abord porté à une température de 120° environ pour le débarrasser de son humidité et chasser en même temps les huiles légères qui se trouvent dans le bitume d'imprégnation. La poudre ainsi préparée est mise en moules et comprimée comme nous l'avons dit.

La pose se fait toujours sur une aire en béton, de ciment de préférence, d'épaisseur appropriée à la destination et sur laquelle on vient poser les pavés sur une couche de mortier frais, de ciment ou de chaux hydraulique, suivant l'usage qu'on fera du pavage. L'épaisseur de ce lit de mortier est d'environ $0^m,01$.

Les pavés doivent être absolument juxtaposés, il ne faut laisser aucune distance entre eux.

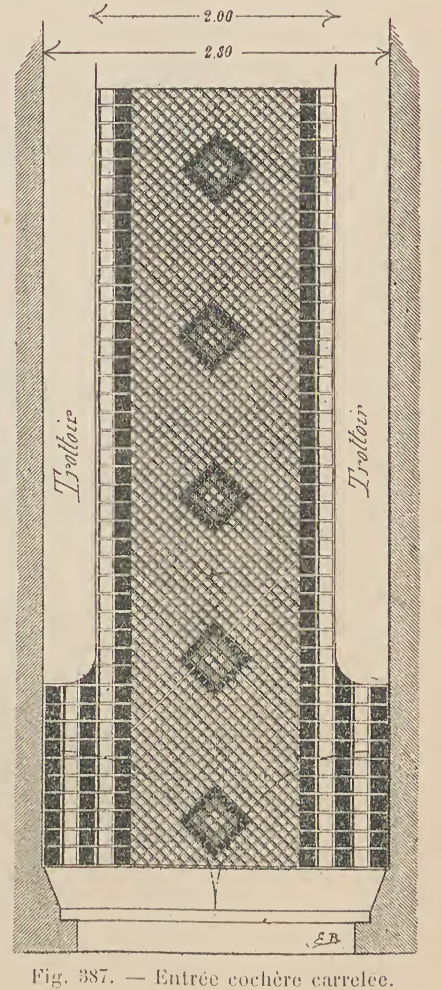


Fig. 387. — Entrée cochère carrelée.

Les pavés de $0^m,01 \times 0^m,20$ se posent à joints croisés, à bâtons rompus, disposition semblable à celle des parquets du même nom indiqués au chapitre *Menuiserie*.

La coupure, qui peut être nécessaire lorsque la largeur à paver ne représente pas un multiple exact des dimensions de fabrica-

tion, se fait avec facilité : on commence par faire sur le pavé à couper une engravure au ciseau d'environ $0^{m},002$ de profondeur et il suffit ensuite d'un choc un peu fort pour opérer une séparation bien nette.

La pose terminée, on calfeutre les interstices en coulant un lait de ciment ou de chaux hydraulique, qu'on promène à l'aide d'un balai de jonc pour assurer le remplissage. Avant la prise complète, on lave à l'eau pour enlever l'excès de ciment ou de chaux.

Un carreleur et son aide peuvent poser au moins 1 mètre de pavage par heure.

Pavage en linoléum. — Pour les mêmes usages que ci-dessus on fait un revêtement en linoléum de $0^{m},025$ d'épaisseur par feuilles de $2^{m},20 \times 1^{m},80$. Le poids du mètre superficiel de ce produit improprement dénommé pavage est de 25 kilogrammes, la pose se fait sur béton et au ciment et les angles fixés au moyen de vis et manchons scellés dans le béton qui forme l'assiette du pavage.

Pavage en bois. — L'emploi du bois n'est pas nouveau dans les revêtements du sol, il en existait en Angleterre en 1839 et à Odessa en 1845 ; en Orient il était d'usage de garnir les rues de pièces de bois placées transversalement, ce qui leur a fait donner le nom de ponts. Nous avons encore vu à Bucharest, il y a une trentaine d'années, des rues garnies de bois absolument comme un tablier de pont, la principale artère de cette ville porte encore le nom de Podù Mogosoi et *podù* signifie pont.

Cette disposition n'est pas à recommander, les bois employés ainsi se détériorent promptement et les angles ne résistent pas au passage des chevaux et des voitures.

Le pavage en bois doit être fait en bois debout parce qu'ainsi placé il n'est plus possible aux pavés de se fendre, soutenus qu'ils sont les uns par les autres.

Ce pavage se fait de différentes manières. En Amérique nous en avons vu établir de la manière suivante : Sur une couche de sable nivelée on pose un plancher en voliges ; puis on vient poser des cubes de bois debout préalablement goudronnés par immersion sur la moitié de leur hauteur environ. Ces pavés sont séparés entre eux par une latte également goudronnée et qui, au moyen d'un clou maintient les pavés écartés d'environ 5 millimètres pour leur permettre de gonfler sans se soulever. Le tout est ensuite sablé et goudronné (fig. 388).

A Paris, le pavage en bois est fait de bouts de madriers

de $0^m,08 \times 0^m,22$ et $0^m,15$ de hauteur séparés entre eux par une latte, et le tout entièrement goudronné. Ces pavés reposent sur un béton de $0^m,20$ à $0^m,30$ recouvert d'une chape en mortier de ciment bien nivelée. Les joints sont ensuite remplis en mor-

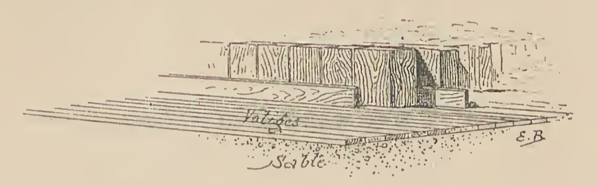


Fig. 388. — Pavage de voie publique.

tier et on jette sur la surface du pavage un sable qui pénètre dans le bois et ajoute à sa dureté (fig. 389).

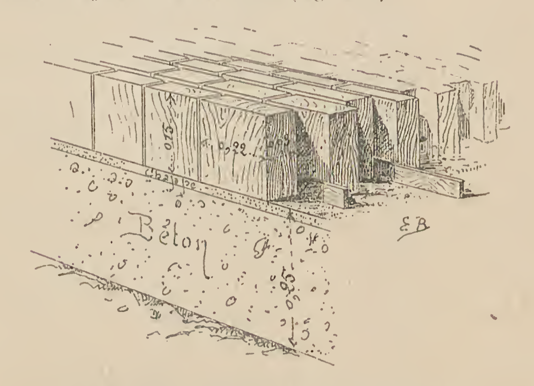


Fig. 389. — Pavage de voie publique.

Pour les cours et passages où la fatigue est moins grande on fait des pavages dont la hauteur est de 6 à 8 centimètres posés



Fig. 390, 391. — Pavages de cours.

sur un béton de $0^m,10$ environ (fig. 390). La mise en œuvre est la même que dans le cas précédent.

A Londres, les pavés de bois pour les chaussées sont des parallélipipèdes de $0^m,16$ de hauteur, $0^m,20$ à $0^m,25$ de large et $0^m,10$ de largeur dans le sens perpendiculaire. Les pavés de

bois reposent sur un lit de sable de $0^m,20$ d'épaisseur, reposant à son tour sur une double rangée de planches goudronnées avec joints recouverts. Chaque file de pavés est séparée de sa voisine par une rainure de $0^m,02$ de largeur. Tous les pavés étant bien maintenus, on coule de l'asphalte dans les joints, et l'on recouvre entièrement l'aire pavée d'une couche de gravier de la grosseur d'un pois.

Pavage en bois à fibres obliques. — Les pavés sont obtenus en sciant des demi-madriers de $0^m,110$ de largeur et $0^m,075$ d'épaisseur suivant des lignes distantes de $0^m,070$ et inclinées à 60° 15′ ou à 119° 45′ sur les bords des madriers. Le fil du bois se trouve ainsi parallèle aux faces inclinées et les traits de scie déterminent les faces supérieures et inférieures des pavés.

Ces pavés sont réunis entre eux par des chevilles dont le tracé est tel qu'en entre-croisant les pavés au moment de l'assemblage par panneaux, il se trouve un jeu de 2 millimètres entre les bords de deux pavés consécutifs.

Les chevilles se font en frêne, en chêne, en charme ou en acacia. Elles ont $0^m,055$ de longueur, $0^m,012$ de diamètre et sont terminées aux extrémités en cône tronqué.

Pour chaque rangée de pavés l'inclinaison est inverse de celle qui précède, de manière à ce qu'à la surface du pavage le joint tombe dans le milieu du pavé précédent.

Les pavés sont assemblés pour former des panneaux d'un mètre carré environ et l'on vient juxtaposer ces panneaux pour former un ensemble de pavage.

Pour préparer le sol, on fait une couche de béton et sur cette surface parfaitement nivelée on étale une couche de sable de plaine parfaitement sec de $0^m,01$ à $0^m,02$ d'épaisseur. C'est sur ce sable que repose le pavage qu'on vient, après pose, imprégner d'une couche de goudron de houille.

Il nous reste à parler des pavés hexagones à chanfreins et à queue (fig. 391) ; ces petits pavés, qui ont environ $0^m,06$ de diamètre inscrit, se posent de préférence à bain de bitume sur aire en béton.



Fig. 392. — Pavage en galets.

Pavage en galets. — Ces pavages en cailloux roulés sont très employés partout, mais forment bien le pavage le plus désagréable au piéton finement chaussé, qu'il soit possible. Pour empêcher ces pierres de s'enfoncer dans le sol on met le gros bout en bas et il en résulte une

surface hérissée de pointes dont on remplit les interstices en sable ou en mortier, suivant les usages locaux (fig. 392). Pour 10 mètres carrés de pavage de 0m,21 d'épaisseur il faut 2 mètres cubes de galets. Pour une épaisseur de 0m,13 à 0m,16 il en faut 1m,600 cube.

PAVAGE EN GRÈS

Le pavage se fait en granit, en porphyre, en schiste, en lave volcanique, etc., suivant les localités. En France, c'est le grès qui domine.

Pour qu'un pavage soit résistant et propre à remplir le rôle de revêtement solide auquel on le destine, il faut que le fond sur lequel il repose soit lui-même assez consistant. Si le pavage doit être établi sur un terrain de remblai, il faut commencer par l'inonder pour le tasser, puis rapporter des terres, pilonner avec soin, puis étendre une couche de sable.

Etant donné un endroit déterminé qu'il s'agit de recouvrir d'un pavage, il faut se préoccuper de l'endroit vers lequel les eaux devront être amenées, et donner pour cela une inclinaison qu'il ne faut pas faire inférieure à 0m,015 par mètre.

Dans un pavage bien fait, toutes les hautes pentes sont près des bâtiments de manière à éviter autant que possible les filtrations d'eau dans les fondations et des ruisseaux doivent recueillir ces eaux pour les conduire au point d'évacuation arrêté.

Les pavés employés sont des cubes de dimensions différentes, variant de 0m,16 à 0m,25 ou des parallélipipèdes rectangles qu'on obtient en refendant les pavés de grandes dimensions.

Le *pavé de ville* a 0m,22 ou 0m,23 sur chaque face et se pose sur une forme en sable de 0m,16 à 0m,20 d'épaisseur. On garnit les joints avec du sable, puis on bat et on dresse à la *demoiselle* (fig. 393).



Fig. 393. — Coupe d'un pavage.

Le *pavé bâtard* a de 0m,16 à 0m,20 carré sur 0m,10 ou 0m,14 d'épaisseur.

Le *pave de deux* ou de *refend* est formé par le pavé de ville refendu en deux.

La dureté des pavés de grès est en rapport direct avec leur densité; les plus dures pèsent à sec 2 544 kilogrammes par mètre cube de volume plein, et les plus tendres 2 290 kilogrammes.

La quantité d'eau absorbée par les pavés serait un indice encore meilleur que la densité ; cette quantité d'eau serait presque toujours en raison inverse de la dureté. Après vingt-quatre heures d'immersion, des pavés en grès dur n'ont absorbé que $\frac{1}{570}$ de leur volume d'eau, tandis que les pavés en grès friable ont absorbé $\frac{1}{20}$ de leur volume d'eau.

Mais c'est par le son que rendent les pavés sous le choc du marteau qu'on peut distinguer le plus sûrement leur qualité. Un son sourd et étouffé est l'indice de pavés tendres et spongieux, tandis qu'un son clair et net est l'indice de pavés durs. Le choc du marteau a en outre l'avantage de faire connaître les pavés défectueux, tels que ceux qui renferment des cavités ou des fils.

On appelle *forme de sable* la partie de l'encaissement destinée à recevoir la couche de sable sur laquelle on établit la chaussée pavée. L'épaisseur de cette couche de sable peut varier de $0^m,10$ à $0^m,20$. Outre la propriété d'être élastique, le sable est incompressible quand il est tassé et mouillé. Ces deux qualités lui permettent de répartir le poids que supporte un des pavés sur une partie de sa forme beaucoup plus étendue que la base inférieure du pavé même. La charge se trouve ainsi répartie sur une grande surface du sol, d'une manière uniforme.

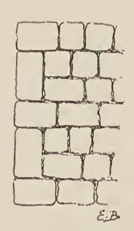
La liaison des pavés s'opère également avec du sable que l'on introduit dans les joints pendant la pose. Tous les pavés sont ainsi rendus solidaires et le sable peut prendre de lui-même, et par l'effet seul de la trépidation imprimée par les voitures, une nouvelle position d'équilibre lorsqu'un pavé vient à être dérangé de sa position première. Il en résulte qu'un pavé ne cesse jamais de s'appuyer par tous les points de son joint sur ceux qui l'avoisinent. Le sable siliceux exempt de terre est la seule matière qui possède cette mobilité continuelle, lui permettant de prendre à tout instant la forme des anfractuosités des deux pavés entre lesquels il se trouve.

Pour que les qualités du sable ne soient point altérées, il est essentiel qu'il soit purgé de terre, il doit être passé à la claie de $0^m,005$ de jour, pour le séparer des graviers et autres parties trop grosses. Le sable doit être à sec, grenu, rude au toucher et criant à la main, à laquelle il ne doit pas s'attacher. Les plus gros grains ne doivent pas dépasser $0^m,003$ à $0^m,004$, et les plus petits ne doivent pas avoir moins de $0^m,001$, parce qu'ils se réduiraient en boue.

Une chaussée pavée reçoit en général un bombement dont la flèche est égale à $\frac{1}{50}$ de la largeur de la chaussée.

Le sable étant épandu dans l'encaissement, et la forme convenablement préparée, on commence par poser les boutisses qui doivent faire les abouts des rangées. Des cordeaux placés en travers servent à faire ce travail.

On peut aussi commencer en posant les *bordures* ou grandes boutisses, qui ont la même hauteur et la même largeur que les pavés, et 0^{m},35 à 0^{m},45 de longueur ; elles comptent ordinairement pour un pavé et demi. Les boutisses sont placées alternativement perpendiculaires et parallèles à l'axe de la chaussée. Il faut, avant leur pose, bien en déterminer le nivellement, et après, les affermir au marteau et les garnir de sable sec dans les joints (fig. 394, 395).



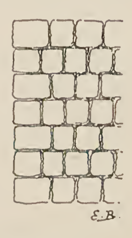


Fig. 394, 395. — Ruisseaux.

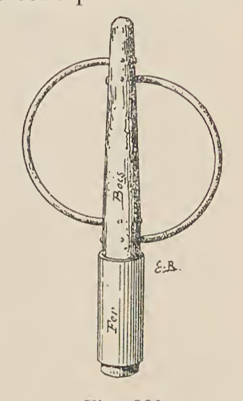


Fig. 396.
Demoiselle ou hie.

On pose ensuite les pavés de manière à former des rangées droites et perpendiculaires à l'axe de la chaussée. Les joints doivent avoir les dimensions indiquées sur nos croquis, et les pavés posés chevauchés et 0^{m},03 plus haut que la ligne du tracé, de manière à être ramenés à la hauteur exacte par le battage.

Puis on coule du sable mouillé dans les joints et on le fiche jusqu'au refus. Après ce fichage, le dresseur armé d'une hie, (fig. 396) du poids de 30 kilogrammes, en la lançant avec force d'au moins 0^{m},50 de hauteur, frappe la tête de chaque pavé, de manière à comprimer autant que possible le sable des joints et celui placé sous la queue des pavés.

Pour faire les ruisseaux, on peut employer des boutisses égales en longueur à un pavé et demi et à deux pavés, alternées de manière à former liaison (fig. 397, 398).

Les bordures des trottoirs se font en calcaire siliceux de 0^{m},35 à 0^{m},40 de hauteur, 0^{m},22 de largeur au sommet 0^{m},25 à la base et 0^{m},50 au moins de longueur. Les parements vus

de ces bordures doivent être proprement taillés et l'arête de ces parements doit être arrondie.

Les bordures se posent sur un lit de mortier de chaux hydraulique de 0m,04 d'épaisseur, reposant sur une couche de béton, soit sur une forme de sable de 0m,10 à 0m,15 d'épaisseur, bien pilonnée et arrosée. Elles sont placées bout à bout, avec des joints de 0m,01 d'épaisseur au plus, et doivent présenter une largeur uniforme. Aussitôt après la pose, on effectue le ragrément et le rejointoiement, de manière que leurs faces vues ne présentent aucune aspérité, jarret ni inflexion quelconque.

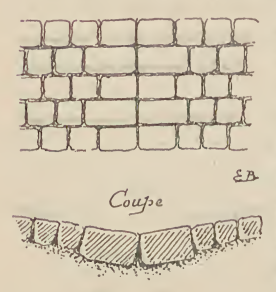


Fig. 397, 398. — Ruisseau.

Les bordures ordinaires en granit ont ordinairement 0m,30 de largeur à leur sommet, avec une pente totale en travers, de 0m,01 et 0m,32 de largeur à leur base ; la hauteur est de 0m,30. Le parement vu antérieur présente un fruit de 0m,03.

La hauteur des bordures au-dessus du pavé est de 0m,15 à 0m,17. La ligne formée par une bordure s'infléchit au droit des portes cochères pour faciliter l'accès des voitures. Cette dépression voulue du trottoir prend le nom de bateau (fig. 399, 400).

Quand on veut établir le ruisseau sous le trottoir lui-même, on pratique dans la bordure en granit un refouillement jusqu'au milieu de l'épaisseur de la bordure. La hauteur comprise entre le sommet de la bordure et le refouillement doit être de 0m,08 au moins (fig. 401). On donne à l'ouverture de ce refouillement une hauteur de 0m,09, ce qui fait que l'arête supérieure de la bordure est située à 0m,17 au-dessus du pavé de la chaussée, ce qui est une hauteur convenable.

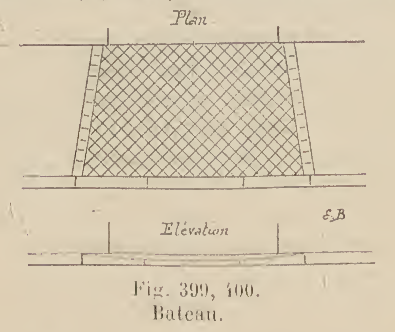


Fig. 399, 400.
Bateau.

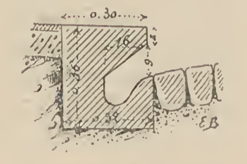


Fig. 401.
Bordure refouillée.

Ce genre de bordures refouillées ne convient pas aux bateaux établis devant les portes cochères, on fait alors usage de gar-

gouilles en fonte, réunissant les bordures creusées. Ce moyen est encore défectueux, nous conseillons d'employer un moyen qui nous a parfaitement réussi : quand on n'a pas affaire à un caniveau de trop grande longueur et que le dégorgement est possible en cas d'obstruction, on peut construire un caniveau incassable composé de deux fers U, d'une tôle unie et d'une tôle striée. On y rapporte quelques tiges de scellement pour le rendre absolument immuable.

Les trottoirs, passages, cours, etc., se font en pavés dits *de deux*, c'est-à-dire qu'ils ont ordinairement la moitié seulement de l'épaisseur des pavés *d'échantillon* ou *de ville* ou toute autre sorte ; ils sont faits sur un bain de mortier de $0^m,03$ d'épaisseur. Cette couche de mortier repose elle-même sur une couche de béton dont l'épaisseur varie de $0^m,10$ à $0^m,15$, ou sur un lit de gravier parfaitement pilonné et arrosé avec un lait de chaux hydraulique, ou encore sur une simple couche de sable pilonnée et arrosée. Les joints des pavés sont garnis en mortier de chaux hydraulique.

Ces pavages, destinés à porter de faibles charges, des voitures relativement légères, sont disposés perpendiculairement (fig. 402) ou diagonalement (fig. 403).

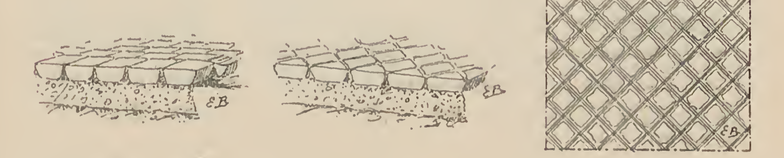


Fig. 402, 403, 404. — Pavages de cours.

Le jointoiement se fait à la règle et au fer (fig. 404) ou bien simplement à la truelle.

PAVAGE EN BRIQUES

C'est un véritable mur horizontal qui peut être exécuté en briques et mortier sur une forme en sable ou une aire en béton.

QUANTITÉS DE PAVÉS OU DE BRIQUES ET DE MORTIER NÉCESSAIRES PAR MÈTRE SUPERFICIEL

DÉSIGNATION	DIMENSIONS	NOMBRE	SABLE mètre cube.	AVEC MORTIER pour joints en mètres cubes.	
Gros pavés de Fontainebleau.	0,23×0,23×0,23	17	0,010	0,030	
Gros pavés de l'Yvette . .	0,23×0,23×0,23	17	0,010	0,030	
Pavés bâtards de Fontainebleau.	0,23×0,23×0,18	24	0,010	0,040	
Pavés bâtards de l'Yvette.	0,23×0,23×0,18	24	0,010	0,040	
Pavés de deux de Fontainebleau.	0,19×0,19×0,09	20	0,010	0,040	
Pavés de deux de l'Yvette.	0,18×0,18×0,10	24	0,010	0,040	
Pavés cubiques de l'Yvette.	0,16×0,16×0,16	37	0,010	0,060	
Pavés méplats	0,14×0,14×0,08	49	0,010	0,060	
Brique à plat.	0,22×0,11×0,054	38	»	0,010	non compris l'aire.
Brique sur champ	—	72	»	0,030	
Brique debout	—	143	»	0,053	

REVÊTEMENTS EN FAIENCE

La fabrication de la terre cuite émaillée n'est pas précisément une industrie nouvelle, et il y a environ quarante siècles, les grands empires d'Asie avaient leurs villes couvertes de constructions sur lesquelles les émaux les plus riches chatoyaient au soleil.

Le nom de faïence vient de *Faënza*, ville d'Italie où furent fabriquées les plus belles et les plus nombreuses faïences artistiques ; mais le même nom s'applique aussi au modeste carreau destiné à orner la cuisine du plus pauvre logement.

Deux éléments entrent dans la fabrication des revêtements en faïence : 1° la pièce proprement dite en terre-cuite ; 2° l'émail.

D'une manière générale le mot terre-cuite désigne toutes les terres argileuses modelées ou moulées et soumises à une haute température. Les terres employées varient beaucoup suivant les localités et chacun des gisements différents donne naturellement des terres dont les propriétés de finesse et de durcissement dotent les produits obtenus d'avantages ou de défauts.

Les émaux sont composés au moyen de substances métalliques ; les colorations sont obtenues par l'addition de divers oxydes également métalliques.

L'émail est une substance vitreuse, un sorte de poudre très fine, cristalline et métallique, qui, délayée dans l'eau, forme une pâte qu'on étale comme une peinture sur les objets qu'on se propose d'émailler et dont on obtient la fusion en exposant les objets ainsi préparés à une haute température.

L'émail destiné à recouvrir les carreaux de cuisine peut être obtenu en ajoutant à du verre pilé un mélange d'oxydes de plomb et d'étain, environ 88 de plomb et 12 d'étain.

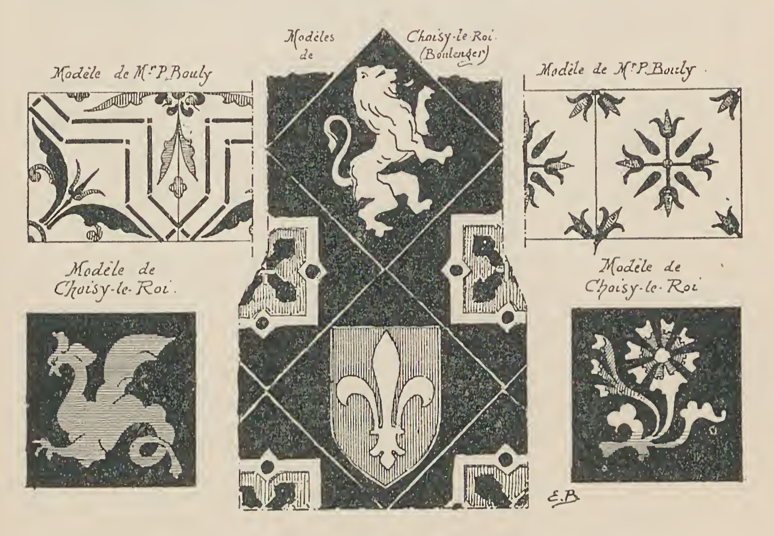


Fig. 405, 406, 407, 408, 409. — Carreaux de faïence.

Les principaux oxydes métalliques employés pour colorer les émaux sont : l'oxyde de cobalt calciné et pulvérisé qui donne le *bleu saphir ;* le deutoxyde de cuivre, qui donne le *bleu céleste ;* le protoxyde de cuivre, qui donne le *rouge pourpre ;* l'oxyde de chrome, qui donne le *vert ;* l'oxyde d'uranium qui donne le *jaune serin ;* l'oxyde de manganèse, qui donne le *violet;* et enfin le chlorure d'argent qui donne le *jaune.*

Voici, figures 405, 406, 407, 408, 409, quelques exemples de carreaux de revêtement. Les dimensions doivent toujours être relativement restreintes et le dessin doit être étudié pour être fractionné en petits éléments parce qu'ainsi la cuisson est plus facile et que le nombre des pièces perdues ou à reléguer aux deuxième et troisième choix est moins considérable.

Les carreaux de faïence bien faits doivent, du côté opposé à l'émail, présenter le plus d'aspérités possible, de manière à per-

mettre au plâtre ou au mortier de bien gripper et d'assurer un bon scellement.

On fait aussi des revêtements partiels propres à décorer des panneaux des dessus de fenêtres, etc. (fig. 410).

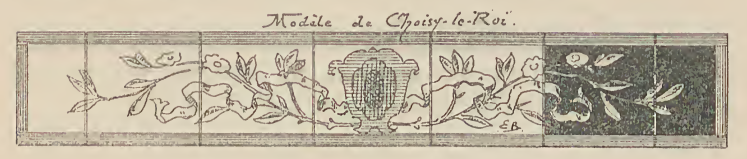


Fig. 410. — Panneau composé de carreaux.

Dans les cuisines les carreaux employés varient de $0^m,10 \times 0^m,10$ jusqu'à $0^m40 \times 0^m,60$, et l'encadrement est souvent fait par une cornière en fer scellée et même en cuivre.

Il faut au mètre superficiel :

Carreaux de	0,05 × 0,05	400
—	0,08 × 0,08	157
—	0,10 × 0,10	100
—	0,12 × 0,12	70
—	0,15 × 0,15	45
—	0,16 × 0,16	40
—	0,17 × 0,17	34
—	0,19 × 0,19	28
—	0,20 × 0,20	25

CARRELAGES DIVERS

Quoique à notre chapitre *Matériaux* nous nous occupions des différents carreaux servant au revêtement du sol dans les habitations, nous examinerons brièvement chaque sorte au fur et à mesure de la description spéciale à chacune d'elles.

Fig. 411. Carreau hexagone.

Carreaux de terre cuite. — Les carreaux les plus ordinairement employés sont hexagones de $0^m,16$ à $0^m,17$ de diamètre inscrit, et de $0^m,020$ à $0^m,027$ d'épaisseur. Les dimensions varient de $0^m,10$ à $0^m,22$ de diamètre inscrit (fig. 411).

Il faut par mètre carré :

Carreaux hexagones	de $0^m,15$ à $0^m,16$	46 carreaux
—	de $0^m,16$ à $0^m,17$	42 —
—	de $0^m,22$	25 —

Carreaux carrés de	de $0^m,15$ à $0^m,16$	46 carreaux.
—	de $0^m,20$	25 —
—	de $0^m,22$	21 —

La terre, dans les carreaux de bonne qualité, doit être fine, homogène et exempte surtout de fragments calcaires cuits, qui, de même que dans les briques, foisonnent quand on les mouille et font éclater le carreau. Les carreaux employés ici, à Paris, sont de préférence ceux de Beauvais, de Paris et de Marseille.

Les carreaux carrés s'emploient plutôt pour les fourneaux et les âtres de cheminées.

On a l'habitude de poser des carrelages à bain de plâtre, et généralement les lieux où s'emploient ces revêtements sont destinés à recevoir de l'eau ou tout au moins à être souvent lavés.

Il arrive alors que les eaux absorbées par le plâtre s'amassent dans le plafond, finissent par traverser et forment des taches, ou encore pourrissent le solivage quand celui-ci est en bois.

Il est pourtant bien simple d'éviter cet inconvénient grave, il suffit d'opérer de la manière suivante : étaler un lit de sable sur le hourdi et sceller le carrelage à bain de ciment comme on le ferait au plâtre.

Carrelages en briques. — Ce genre de carrelage convient aux caves, ateliers, etc. ; on fait d'abord un béton pilonné de

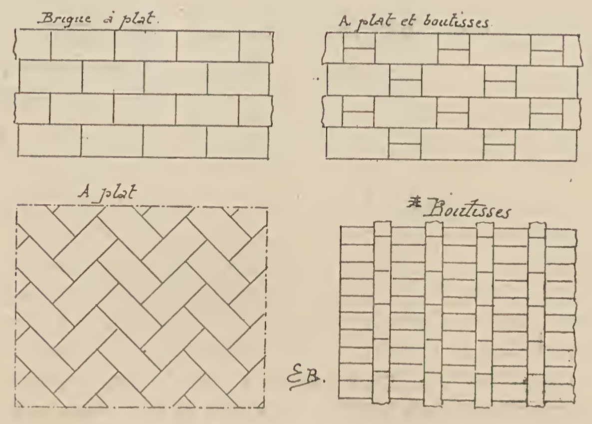


Fig. 412, 413, 414, 415. — Carrelage en briques.

$0^m,08$ à $0^m,10$; puis, suivant les cas, on fait une véritable cloison horizontale en brique dure hourdée en mortier de ciment et jointoyée en ciment pur.

On peut varier l'épaisseur suivant les besoins, généralement on se contente de la brique à plat qui donne environ 0m,06 ou de la demi-brique qui fait 0m,11 d'épaisseur. On peut les appareiller de diverses manières, comme l'indiquent nos croquis (fig. 412, 413, 414, 415), ou encore avec brique et ciment coloré (fig. 416).

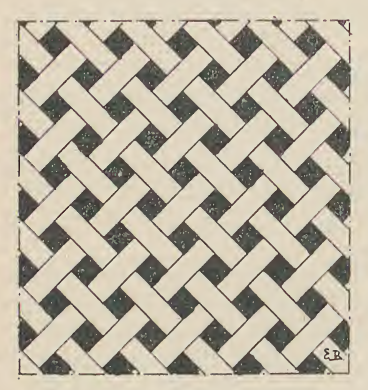
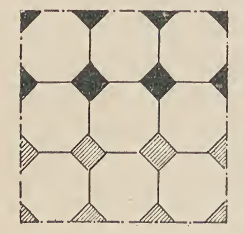


Fig. 416. — Brique et ciment.

Carreaux Coignet. — Les carreaux Coignet ont 0m,20 × 0m,20, qu'ils soient octogones ou carrés ; ils sont unis ou à dessins et de différentes couleurs (fig. 417, 418, 419).

Carreaux de pierre et de marbre. — Ce genre de carrelage a été employé à toutes les époques, mais dans les travaux de luxe seulement.





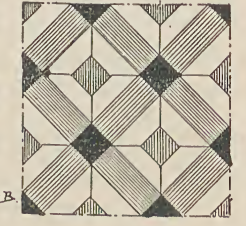


Fig. 417, 418, 419. — Carreaux Coignet.

Carreaux en ciment comprimé. — Ce genre de carrelage très décoratif à cause de ses dessins agrémentés de riches couleurs, a pris une extension considérable par suite de son bon marché relatif. On l'appelle communément et à tort carrelage mosaïque, mais c'est une simple désignation commerciale.

La fabrication de ces carreaux de ciment est très simple. Un moule en acier articulé est posé sur un marbre métallique bien plan ; dans ce moule on introduit un réseau en cuivre poli dont les cases diverses représentent les différentes teintes que devra présenter le carreau ; alors l'ouvrier, à l'aide d'une cuiller dosée, verse dans chaque compartiment une pâte liquide de ciment teinté suivant les exigences du dessin, puis il retire le réseau. Alors il met sur les pâtes de diverses couleurs une

quantité de ciment sec d'un volume connu, l'étale, et fait passer le tout sous une presse à vis comportant un bras de levier de 4 mètres qui donne une pression de 120 à 150 kilogrammes par centimètre carré ; puis le carreau est démoulé, baigné dans l'eau pendant une heure ou deux et enfin mis au séchage naturel de l'air. Il est prêt à être employé.

Voici quelques exemples figures 420, 421, 422.

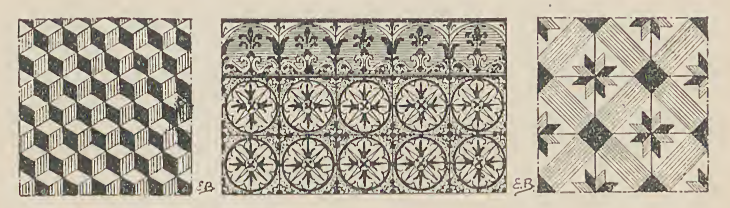
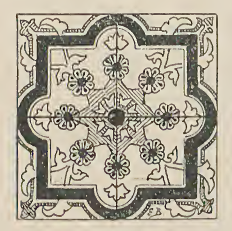


Fig. 420, 421, 422. — Carreaux en ciment comprimé.

Carrelages céramiques. — Ces carrelages ressemblent aux précédents, au moins comme apparence, mais leur sont très supérieurs en dureté et en durée. Il est vrai que leur prix est aussi d'environ 50 p. 100 plus élevé.

A titre d'exemple, nous donnons quelques dessins avec bordures d'encadrement figures 423, 424, 425.



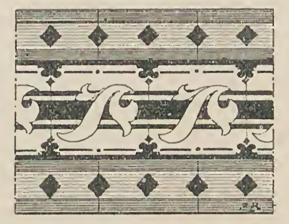




Fig. 423, 424, 425. — Carrelages céramiques.

Mise en œuvre des carrelages céramiques. — Un fond solide est indispensable ; à l'intérieur des habitations le sol bien pilonné ou une aire en sable suffit. A l'extérieur, il faut faire une aire solide en bon béton ou en brique bien cuite et recouvrir le tout d'une couche de ciment hydraulique.

Pour la pose, le sol doit être parfaitement nivelé et on procède comme pour un parquet en établissant une ligne de départ, au milieu autant que possible, sur laquelle on trace un trait d'équerre. Puis, se basant sur ces deux lignes, on pose à sec les carreaux les uns contre les autres, c'est-à-dire qu'on les appareille pour s'assurer qu'ils occupent bien leurs places res-

pectives. Ceci fait, on trempe dans l'eau les carreaux et on les fixe l'un après l'autre au ciment en observant le niveau arrêté. Le carrelage par ses dimensions n'arrive pas toujours à faire la mesure exacte de la pièce ; on s'arrange ordinairement pour qu'il reste autant d'un côté que de l'autre et on remplit ce petit espace avec des carreaux coupés et de tons unis.

Pour couper les carreaux en deux ou en plus grand nombre de morceaux on emploie les moyens suivants :

1° Quand on veut partager un carreau en deux parties à peu près égales, on trace sur sa face et sur son revers une ligne suivant laquelle il doit être divisé, on le place en équilibre sur le genou et on y applique un ciseau de sculpteur, sur lequel on donne de légers coups de marteau, bien droits, en parcourant la ligne tracée en quatre ou cinq reprises. On retourne le carreau, et, après quelques coups un peu plus forts, toujours sur la même ligne, le carreau se sépare.

2° Quand on veut partager un carreau autrement qu'en deux parties presque égales, on est obligé, en règle générale, d'en sacrifier une. On procède de la manière suivante :

Après avoir marqué, comme dans le cas précédent, la ligne suivant laquelle le carreau doit être tranché, on le maintient debout entre les genoux, et on applique un ciseau sur la partie sacrifiée, un peu au-dessous de la moitié de son épaisseur. Avec le marteau, on frappe ensuite sur le ciseau, et on enlève ainsi un morceau de l'épaisseur du carreau. On répète l'opération jusqu'à ce que la partie sacrifiée soit dédoublée tout autour. Sur le dessus de la partie ainsi préparée, on frappe de petits coups, en se servant soit d'un marteau seul, soit du marteau et du ciseau, de manière à enlever de petits éclats de 5 à 6 millimètres d'épaisseur. On continue ainsi jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la ligne tracée. Les éclats ont généralement toute l'épaisseur du carreau ; il arrive cependant quelquefois qu'ils s'arrêtent en chemin ; dans ce cas, le carreau reprend son épaisseur première, et on est obligé de le dédoubler de nouveau.

Si le morceau que l'on veut employer est plus petit que la moitié d'un carreau, on partage d'abord le carreau en deux, d'après le procédé n° 1, puis on opère sur l'une des moitiés d'après le procédé n° 2.

Mosaïque. — La mosaïque est une véritable tapisserie exécutée en pierre. Le point, de laine ou de soie, est remplacé par de petits cubes ou prismes, réguliers ou irréguliers, obtenus en cassant ou en taillant des matières dures, telles que les

pierres, le marbre, la terre cuite, le verre et l'émail. Ces cubes, de couleurs différentes, sont juxtaposés de manière à former des dessins, des fleurs, des ornements, des figures d'hommes et d'animaux, et enfin de véritables tableaux. Ils sont assemblés au moyen d'un mastic ou ciment composé de chaux, de sable très fin, de pouzzolane ou de brique pilée (fig. 426, 427, 428, 429).

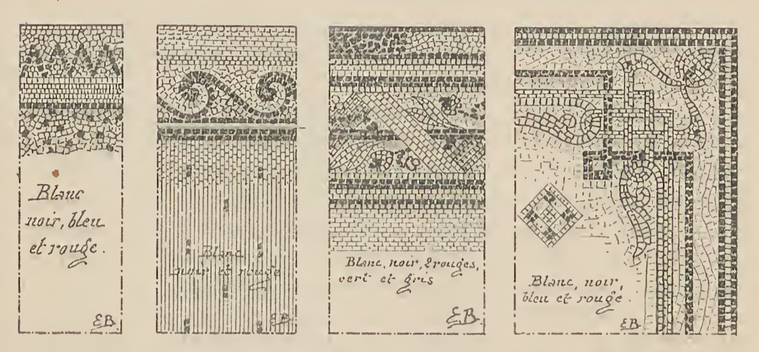


Fig. 426, 427, 428, 429. — Exemples de mosaïques.

La mosaïque est également employée pour faire des revêtements de parois et même de plafond.

L'artiste en mosaïque a ses cubes rangés dans des cases par couleurs de toutes nuances ; au fur et à mesure des besoins, il les prend et les place à l'endroit indiqué par le tracé établi sur le fond, en leur faisant un bain en mastic ou ciment destiné à agglomérer tous ces éléments. Le sujet fini, et le mastic séché, on procède au polissage exécuté avec un polissoir bien plan et de la poudre de grès délayée dans de l'eau. On rebouche les parties où le mastic peut manquer ; puis, après un lavage, on lustre au linge de laine, avec une encaustique composée de cire blanche et d'essence de térébenthine.

Nous devons encore mentionner la *mosaïque semée* qui consiste en petites pierres dures concassées et de différentes couleurs que l'on jette ou qu'on étale sur un bain de mortier ; on dame légèrement pour obtenir une surface nivelée et obliger chacun des éléments à présenter une face à l'horizontale ; puis, après une certaine prise, on coule un mortier destiné à boucher les vides. Quand tout est bien sec, on achève de dresser la surface avec un polissoir lourd et de la poudre de grès, comme ci-dessus.

La main-d'œuvre est dans ce cas beaucoup plus simple et le prix par conséquent moins élevé. Généralement on rehausse

cette mosaïque semée par un encadrement et même par des dessins composés de cubes disposés à la main, suivant un tracé arrêté.

DALLAGES DIVERS

En asphalte. — Nous avons décrit, d'autre part, au chapitre *Matériaux*, l'asphalte ; il nous restera donc seulement ici à parler de la mise en œuvre.

L'asphalte s'extrait des mines à la manière du moellon soit avec la poudre et la barre à mine, soit avec le pic, la pince et le coin. La roche est ensuite concassée à la grosseur des cailloux qui servent à l'empierrement des routes, puis pulvérisée soit par une demi-calcination ou décrépitation à chaud, soit par trituration à froid sous l'action des pilons des meules ou autres broyeurs. La poudre est ensuite tamisée et blutée.

Les débris de roche obtenus ne doivent pas avoir plus de $0^{m},0015$ de grosseur et ainsi pulvérisés sont placés dans des chaudières de la contenance de 1 000 à 1 200 kilogrammes, avec addition d'une quantité de bitume de Bastennes ou de Gaujac, telle que le mélange se compose de 84 parties d'asphalte et 16 parties de bitume.

La cuisson s'opère à feu lent et brassant continuellement le mélange qui est introduit par parties successives. Lorsque la matière est bien homogène et de bonne consistance, on la retire de la chaudière pour la mettre en pains à l'aide de moules cylindriques. Ces pains pèsent environ 25 kilogrammes.

Outre les mastics naturels, on compose aussi des mastics artificiels en combinant ensemble 75 parties de craie avec 25 parties de brai. Mais comme l'emploi du calcaire ne présente pas d'économie sensible, on donne la préférence aux asphaltes naturels. Le mastic de Seyssel ne laisse d'ailleurs rien à désirer ; il est plus ferme et moins cassant que les mastics artificiels.

Le mastic livré en pains est concassé au marteau en huit ou dix morceaux et soumis à une nouvelle fusion avec une addition de 1 ou 2 centièmes de bitume ou de brai. La cuisson s'opère dans une chaudière ambulante en tôle placée à côté du travail à exécuter, en brassant la matière avec une poêle en fer. Lorsque la matière est assez pâteuse, on l'applique sur les surfaces destinées à la recevoir, et pour que cet enduit ne se ramollisse pas sous les rayons du soleil, on saupoudre de sable la surface du mastic, pendant qu'il est encore chaud.

Si le mélange est trop liquide et s'il doit avoir une certaine dureté pour résister à l'usure, comme dans les dallages de trottoirs, on introduit dans la chaudière du sable fin, tamisé et séché en quantité suffisante pour former une pâte épaisse et assez fluide pour pouvoir être étendue comme enduit. Cette quantité de sable varie selon l'épaisseur de la couche, la circulation probable et la température maximum de la localité.

Souvent, dans les dallages, on emploie un mastic composé ainsi qu'il suit :

Goudron minéral pour aider à la fusion.	7^k,50
Mastic d'asphalte de Seyssel.	99^k,00
Huile de résine.	2^k,50
Sable fin et pur	50^k.00
	150^k,00

Pur ou mélangé de sable, le mastic asphaltique est mis en œuvre en l'appliquant par bandes de 0^m,75 à 0^m,90 de largeur sur 0^m,015 à 0^m,020 d'épaisseur. L'enduit en mastic repose soit sur une aire de béton hydraulique de 0^m,10 environ d'épaisseur, soit sur une couche de gravier parfaitement pilonnée et arrosée avec un lait de chaux hydraulique, soit sur toute autre fondation jugée convenable.

Après dessiccation parfaite du béton, la matière rendue plastique par la fusion est étalée et comprimée avec une palette en bois appelée *spatule ;* chaque bande est limitée par une règle en métal qui fixe en même temps la hauteur, et la règle de niveau passe pour niveler la couche, sur la bande déjà exécutée et sur la règle en fer. Pendant cette opération on répand du sable chaud sur la surface et on incruste les grains dans la matière en battant avec une taloche.

En asphalte comprimé. — Le terrain bien comprimé doit être recouvert d'une couche de bon béton hydraulique, puis on étale de la poudre d'asphalte chauffée à 135° environ et on comprime soit au pilon, soit au rouleau compresseur. Pour une chaussée, l'épaisseur de la couche de poudre doit être de 0^m,070 pour être réduite par le cylindrage à 0^m,055. Pour les passages, les cours, enfin les endroits qui ne sont pas soumis à une grande fatigue, il suffit d'une épaisseur d'asphalte de 0^m,04 que le pilonnage réduit à 0^m,03.

La solidification du revêtement en asphalte comprimé s'explique de la manière suivante : la roche asphaltique étant chauffée à plus de 100°, le bitume d'imprégnation qui forme le liant

des molécules se ramollit, les grains se séparent et la roche tombe en poussière ; si, pendant que cette poussière est encore chaude, on la comprime dans la forme d'une chaussée, les molécules se recollent les unes aux autres, et la matière reprend par le refroidissement, sous la nouvelle forme donnée, la dureté primitive.

Dallage en ciment. — On doit tout d'abord préparer le sol en l'arrosant et en le pilonnant; puis, on fait dessus un béton hydraulique de $0^m,15$ d'épaisseur sur lequel on étend un béton de gravillon au mortier hydraulique et ciment, de $0^m,05$ d'épaisseur que l'on pilonne avec soin. Ces préparations faites, on étale sur le tout une couche de $0^m,015$ environ qu'on recouvre d'une couche de mortier de ciment de Portland de $0^m,006$ environ.

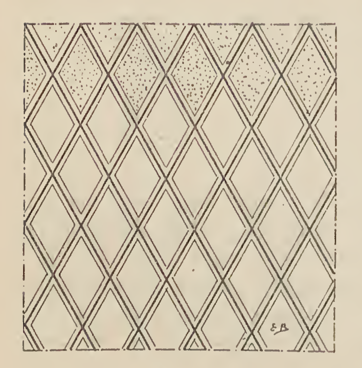
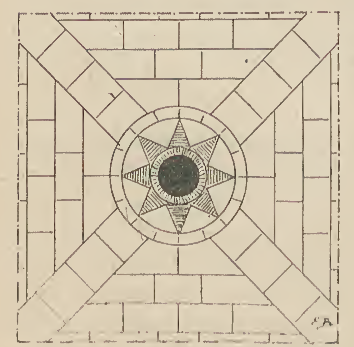


Fig. 430. — Dallage en ciment.

Une des précautions les plus importantes à prendre est de tenir la surface cimentée dans un état complet d'humidité, soit par l'étendage de linges imbibés, soit par de la sciure ou du sable arrosés.

On peut donner à ces dallages l'aspect de la pierre ; on y trace les joints d'appareil, on imite à la molette la ciselure des rives, et enfin, au rouleau, on donne l'apparence d'une surface bouchardée (fig. 430).



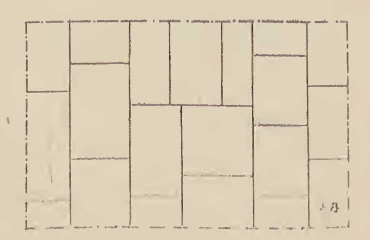


Fig. 431, 432. — Dallages en pierre.

Dallage en pierres. — Dès la plus haute antiquité, on a employé pour revêtir le sol, soit des édifices publics, soit des habitations particulières, des pierres plates, dures, polies et

jointives, appareillées ou non. Les Romains ont employé comme dallages le marbre, le porphyre, le granit et même le jaspe. Les architectes du moyen âge adoptèrent de préférence les dallages en pierres calcaires dures avec jeux de couleurs ou avec des dessins gravés et incrustés à la surface (fig. 431). Les grands constructeurs italiens du XVIe siècle ont aussi beaucoup employé les dallages en pierre et même l'appareil irrégulier que nous représentons figure 432.

Les dallages des trottoirs se font avec des dalles en pierre calcaire dure ou bien en granit. Ces dalles ont de $0^m,06$ à $0^m,10$ d'épaisseur et sont posées à bain de mortier sur une couche de $0^m,10$ de sable fortement pilonnée.

Naturellement chaque localité emploie la pierre qui se trouve plus proche et par exemple, en Auvergne et dans le Bourbonnais, on emploie pour confectionner les dallages la lave de Volvic, qui est relativement très légère et non glissante.

CHAPITRE IV

ACCESSOIRES DE MAÇONNERIE

Enduits hydrofuges. — Enduit de Thénard et Darcet. — Papiers métalliques. — Enduit Ruoltz. — Enduit paraffiné. — Enduit Fulgens. — Enduit Candelot.

Modes d'isolement. — Lits isolants, bitume, ardoise, mortiers hydrauliques. — Feutres imprégnés d'asphalte. — Plaques de plomb.

Briques et revêtements en liège. — Fabrication. — Dimensions. — Poids. — Pose.

Sable-Mortier-Coloré. — Emplois. — Tons différents. — Crépis. — Mise en œuvre. — Albastrine.

Silicatisation, Fluatation. — Enduit vitreux. — Dissolution siliceuse. — Emploi. — Imperméabilisation. — Procédés divers.

Durcissement des plâtres. — Recettes. — Marmoréine.

Drainage. — Différents cas où le drainage doit être pratiqué. Exemples.

Eclairage des chantiers.

Bâches.

Séchage.

ENDUITS HYDROFUGES, MODES D'ISOLEMENT

Par ordre d'ancienneté, nous trouvons appliqués à combattre l'humidité les moyens suivants :

L'enduit hydrofuge de Thénard et de Darcet. En voici la composition donnée par M. Château, dans la *Technologie du bâtiment :* une partie de cire fondue dans trois parties d'huile de lin cuite avec un dixième de litharge ou, plus économiquement, de deux à trois parties de résine fondue, à une douce chaleur, dans une partie d'huile de lin cuite avec un dixième de litharge. Le premier de ces enduits a été appliqué pour la première fois, en 1813, à la préparation de la coupole du Panthéon destinée à recevoir les peintures de Gros. Le second a servi à l'assainissement des grandes salles de la Faculté des sciences à la Sorbonne, dont les murs étaient très salpêtrés.

Un autre moyen consiste à appliquer une feuille métallique (papier d'étain) sur les murs qu'on a préalablement couverts d'une couche de céruse. On emploie aussi les colles, mais on comprend que l'humidité, en admettant qu'elle permette un séchage, les détremperaient promptement.

L'enduit Ruoltz, que cite M. Chabat, s'emploie au pinceau ou à la truelle et est formé d'oxydes métalliques, de silice, d'argile, de charbon et de carbonate de zinc.

L'enduit paraffiné, composé par M. Caudrelier, architecte. Cet enduit est composé :

1° D'hydrocarbure combiné avec les benzines et les éthers à dose raisonnée et enrichi de paraffine ;

2° De blanc de zinc broyé à l'huile servant à couvrir et à donner plus de consistance aux peintures ;

3° De la couleur exigée par le ton que l'on veut obtenir.

Les couches de peinture à base de paraffine, comme celles à base de résine, s'appliquant à chaud ; on s'en sert à l'état de tons unis, sur plâtres, ravalements intérieurs et extérieurs, etc.

L'enduit Fulgens, à base de gutta-percha, a l'avantage de s'employer à froid comme une détrempe. Un kilogramme suffit pour 4 mètres superficiels à deux couches.

L'enduit Candelot, ou ciment-porcelaine antinitreux, est le plus fréquemment employé ; on le trouve tout préparé par bidons de 5 à 50 kilogrammes.

Mais tous les enduits employés contre l'humidité n'ont leur raison d'être que parce que, dans les constructions, on néglige presque toujours de mettre un obstacle à l'humidité remontant du sol et envahissant par capillarité une certaine hauteur des édifices, hauteur variable naturellement suivant la nature des matériaux. De la part des constructeurs, cette négligence est surtout de l'économie, et nous, ici, nous n'avons pas à tenir compte de la question de prix, devant seulement rechercher, au point de vue de l'art du constructeur, les moyens pratiques, qui, expérimentés, ont donné dans chaque ordre d'idées des résultats satisfaisants.

C'est pourquoi, après avoir indiqué quelques-uns des remèdes contre le mal, nous allons donner les moyens employés pour empêcher le mal de naître.

La première chose à faire est de se rendre compte de la nature du sol et d'assurer l'écoulement normal des eaux en les cana-

lisant ou en les perdant comme il est dit à notre article *Drainage*.

Cette première précaution prise, on n'a plus qu'à s'occuper de l'humidité naturelle du sol et l'empêcher de remonter dans les murs.

De tous temps on s'est préoccupé de cette question, et les constructeurs ont tous été amenés aux mêmes procédés, les matériaux seuls variant suivant les contrées.

Là où la proximité des carrières le permettait, on a employé

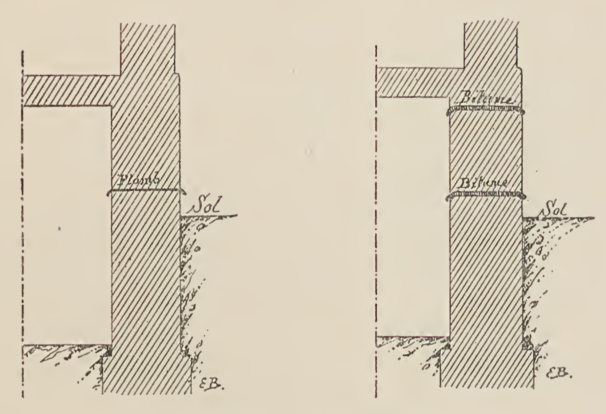


Fig. 433, 434. — Lits isolants.

en soubassement et substructions les pierres denses et de grain serré ou des pierres d'égale dureté. Mais c'est là un procédé naturel ; opposer une masse lithoïde à grain compact et peu filtrante assure au moins pour un temps un état de sécheresse relatif. Malheureusement on ne dispose pas toujours de ces matériaux ; dans nombre de pays on construit, à l'aide de pierres calcaires plus ou moins poreuses, ou en matériaux artificiels comme la brique, on ne peut donc avoir recours aux assises de pierre dure qu'on ne pourrait se procurer qu'à grands frais si on les faisait venir de loin.

On a alors employé les lits isolants.

Ces lits sont faits de bitume, d'ardoise, de mortiers hydrauliques et de ciment. Un des meilleurs est l'application d'une épaisse feuille de plomb rendue continue par une bonne soudure. Le plomb doit faire saillie, l'enduit, s'il y en a, s'arrête au-dessous de la feuille et reprend au-dessus ; le plomb rabattu forme pour ainsi dire larmier et est un obstacle absolu au passage de l'humidité (fig. 433).

On emploie encore des plaques de feutre imprégnées d'asphalte ; elles ont de 7 à 10 millimètres d'épaisseur, sont flexibles et tenaces. Ce feutre pèse environ 13 kilogrammes par mètre carré.

Pour un isolement bien fait : ardoise, bitume ou plomb, il vaut mieux mettre deux lits protecteurs : un au ras du sol et l'autre un peu plus haut, placé à la demande du soubassement de la pièce (fig. 434).

Dans certains pays, surtout ceux où l'on emploie des matériaux très poreux, on a coutume de protéger les parties verticales exposées à la pluie au moyen de zinc; d'ardoises ou de bardeaux (fig. 435-436), qui forment une cuirasse protectrice et rendent habitables des lieux qui, sans cette précaution, seraient absolument malsains.

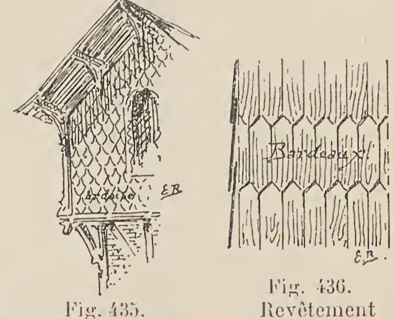


Fig. 435. Revêtement en ardoises.

Fig. 436. Revêtement en bardeaux.

BRIQUES ET REVÊTEMENTS EN LIÈGE

On fabrique aujourd'hui des briques de liège de différentes dimensions composées de rognures de liège ou de vieux bouchons, agglomérées au moyen d'un mortier de chaux ou autre matière agglomérante.

Le grand avantage de ces briques est de peser fort peu, de 250 à 300 kilogrammes le mètre cube, ce qui permet d'établir sur plancher des cloisons de refend, sans se préoccuper beaucoup du poids supplémentaire. Ces briques se traitent exactement comme les briques en terre cuite ; le briquetage est hourdé en plâtre ou en mortier et reçoit les enduits comme les murs ou cloisons ordinaires. Expérimentées à l'écrasement, elles ont donné comme charge de rupture $2^{kg},250$ par centimètre carré. On peut donc les charger en sécurité à $0^{kg},375$ par centimètre.

Les clous pénètrent dans ces cloisons avec facilité et présentent assez de solidité pour supporter les objets qu'on accroche ordinairement, tableaux, armes, etc.

Le liège est, comme on sait, mauvais conducteur de la chaleur et du son, les briques de liège sont donc bonnes pour con-

server une température uniforme et empêcher le passage des sons dans un sens ou dans l'autre.

Ces briques ont les dimensions suivantes :

0,220 × 0,110 × 0,060
0,250 × 0,120 × 0,065
0,330 × 0,160 × 0,060

Les carreaux de liège peuvent être utilement employés comme revêtement des parois et plafonds, contre l'humidité, le passage des bruits, les contacts, les variétés de chaleur et de froid.

Les dimensions des carreaux sont de 0,500 × 0,250 avec épaisseurs variant de 0,040 à 0,060.

La pose se fait au moyen de clous, ou par un collage. Dans les poudreries où le liège est fréquemment employé, c'est au moyen de colle ou de bitume qu'on fixe les carreaux, le sol est également parqueté de carreaux de liège aggloméré, ou même parfois de petites briquettes de liège naturel appareillées comme des frises de parquet. Des briquettes ont environ 0,015 d'épaisseur, 0,06 environ de largeur, et une longueur variant de 0,08 à 0,30.

SABLE-MORTIER COLORÉ

M. Charles Garnier, dans un certificat délivré au sable-mortier coloré (système Fabre), place ces mots : « Je recommande donc volontiers ce produit, toutes les fois que l'*argent* ou la *pierre* font défaut dans la construction. »

Ces quelques mots, qui pourraient passer pour une boutade, disent pourtant parfaitement ce qu'est le sable-mortier coloré : ce produit peut remplacer la pierre dans les contrées où il n'y a pas de pierre, et peut imiter et remplacer la pierre, si le budget accordé ne permet pas d'aborder directement les carrières. Ce n'est pas une pierre factice, mais simplement un enduit qui, travaillé et moulé comme le plâtre, peut, si sa coloration est habilement faite, représenter une pierre quelconque, en présentant cet avantage que tous les ornements et sculptures peuvent être moulés ou taillés dans la pâte fraîche, ainsi que les profils qui se poussent au calibre comme dans le travail du plâtrier.

Le sable-mortier coloré se fait de différentes couleurs, permettant l'imitation des pierres, des briques, du porphyre et du granit. Il faut 25 kilogrammes de ce produit pour faire un mètre superficiel d'enduit. Il s'emploie comme le plâtre, mais son gâchage se fait comme pour les ciments.

Pour les crépis à faire avec le sable-mortier coloré, il est essentiel d'employer exclusivement du sable de rivière, non vaseux, ou de carrière, bien siliceux et criant sous la main, ce qu'on appelle communément du *sable maigre*, et passé au tamis ; le sable de mer et des dunes, ainsi que l'eau de mer sont absolument interdits.

L'emploi du sable-mortier coloré comprend deux opérations successives :

1° Le sous-enduit ou crépi, qui doit toujours être fait avec moitié sable de rivière et moitié produit pierre tendre, quelle que soit la couleur du produit à appliquer par-dessus ce premier enduit ;

2° L'enduit à appliquer sur le précédent, et qui doit toujours être fait avec le produit pur, quelle que soit sa couleur, sans aucun mélange autre que l'eau nécessaire pour son gâchage.

Le mur ou la façade à enduire doit préalablement être bûché pour former des aspérités. Dans les contrées au bord de la mer, et où le gros-œuvre est généralement en briques, il faut, bien entendu, dégrader les joints soigneusement.

L'ouvrier met dans son auge trois ou quatres mesures (litres ou autres mesures) de bon sable de rivière ou de carrière (jamais, nous le répétons, de sable de mer ou de dunes), et ajoute les mêmes quantités également de SABLE-MORTIER COLORÉ COULEUR PIERRE TENDRE ; il mélange le tout à la truelle, puis verse l'eau nécessaire pour gâcher, un peu plus serré que le plâtre, c'est-à-dire à bon plâtre. Il mouille à l'eau ordinaire le gros-œuvre qui doit recevoir ce premier crépi, puis le jette avec force et le dresse à la taloche pour bien le faire adhérer et répartir utilement la charge ; enfin, avec le coupant de la truelle, il formera des arrachements. Ce sera alors un crépi brut, lequel, après dix minutes d'attente, devra recevoir la seconde couche ou enduit.

Cet enduit, ainsi que nous l'avons dit, doit toujours être fait avec le SABLE-MORTIER COLORÉ PUR, quelle que soit sa couleur, sans aucun mélange.

L'auge étant bien nettoyée, l'ouvrier y met la quantité de sable-mortier coloré, soit de couleur pierre tendre, soit de couleur rouge brique ou autres, selon la teinte que l'on veut employer, et y ajoute l'eau, pour obtenir un gâchage également un peu plus serré que le plâtre. Il le dresse à la taloche, l'achève à la truelle, puis, lorsqu'il est résistant sous le doigt, il le dresse avec la berclée de maçon, du côté des dents ; enfin, il adoucit ces traces de coups de berclée en passant le même outil, côté du tranchant ; un coup de brosse est donné ensuite, et on a

obtenu ainsi, sans rien changer aux habitudes de l'ouvrier plâtrier, une surface imitant la pierre à s'y méprendre.

L'épaisseur du crépi ou sous-enduit peut varier selon la nature des matériaux sur lesquels on l'applique, mais jamais être inférieure à 1 centimètre.

Quant à l'épaisseur de l'enduit, ou deuxième application, elle doit avoir, comme minimum, 1 bon centimètre.

Lorsqu'il s'agit de moulures à traîner, entablements, bandeaux ou fortes saillies, afin d'alléger la charge, il convient de fixer dans le mur des rappointis, mélangés de clous à bateaux.

Le dégrossissement de ces saillies se fait au moyen du mélange composé de moitié sable, expliqué plus haut, et ce, jusqu'à ce qu'il soit réservé 1 centimètre ou 2, selon la force des moulures, que l'on doit achever en sable-mortier coloré absolument pur.

Pour obtenir une moulure belle d'aspect, aux arêtes fines, l'ouvrier, un peu avant de terminer la deuxième application du produit pur, devra le tamiser dans la toile métallique à plâtre, le gâcher demi-clair, le jeter à la sébille sur toute la moulure et traîner le calibre ensuite. De cette façon les parties qui seraient encore défectueuses auront disparu et il n'aura plus qu'à recouper en sens inverse pour donner le grain de la pierre.

Un coup de brosse est nécessaire pour achever le travail et le rendre parfait.

ALABASTRINE

L'alabastrine (ou plâtre aluné d'albâtre que les Anglais désignent aussi sous le nom de ciment blanc) n'était employée en France jusqu'à ces temps derniers que par les stucateurs pour leurs imitations de marbre ou de pierre dans les vestibules, cages d'escaliers, salles de bains, etc.

A Londres ou dans les grandes villes d'Angleterre ou d'Écosse, les *ravalements en simili-pierre* les mieux faits et les plus résistants sous ce climat humide et froid (où le plâtre ordinaire peut à peine s'employer) se font en *plâtre aluné d'albâtre mélangé de pierre pilée ou de sable fin.*

En Angleterre, la pierre de taille est rare et d'un prix élevé : aussi l'imitation de la pierre par le plâtre aluné d'albâtre était possible et s'imposait même.

Le plâtre aluné d'albâtre résiste bien à toutes les intempéries ;

il s'applique aussi bien sur le plâtre que sur les ciments ou la chaux et acquiert la résistance des pierres.

Pour les parties humides, nous conseillons de toujours l'appliquer sur le ciment.

L'alabastrine étant blutée à une finesse beaucoup plus grande que le plâtre de mouleur, présente par sa composition d'albâtre et d'alun (ayant subi une cuisson à haute température, 1 000 à 1 200 degrés), une matière éminemment plastique, onctueuse au toucher, liante, et dans laquelle on peut incorporer jusqu'à trois parties de matières inertes (sable, pierre pulvérisée, etc.).

La prise de l'alabastrine est lente (3 à 6 h.) ; aussi l'ouvrier a-t-il tout le temps de la bien employer. Il peut sans crainte la manier sans gants, la présence de l'alun ne peut que donner à ses mains plus de souplesse : l'alun affermit l'épiderme qu'il tanne (on se sert beaucoup de l'alun pour le tannage de certains cuirs).

L'alabastrine peut se mélanger à tous les matériaux de construction inertes : sable de rivière, briques, pierres pulvérisées, etc.

Elle peut être aussi mélangée aux matériaux à prise lente comme les ciments de Portland ou laitier (par moitié), ce qu'on ne peut faire avec le plâtre ordinaire.

Cela explique son adhérence parfaite sur ces produits.

Elle peut être mélangée dans de certaines proportions avec des pierres pulvérisées et teintées, soit par la pierre elle-même, soit par des ocres.

On peut obtenir de la sorte les imitations de toutes sortes de pierres, depuis les plus blanches jusqu'aux plus foncées.

On peut également préparer ces *imitations sur place* au moyen de l'alabastrine n° 2 ou n° 3, dans laquelle on incorpore un tiers ou moitié de pierre pulvérisée de la même nature que celle qu'on veut imiter.

L'alabastrine pure ou mélangée de sable ou de pierre pulvérisée peut s'employer soit comme le plâtre, soit comme le ciment. Sa prise lente permet d'en préparer une grande quantité à la fois, et un travail bien fait ne laisse aucune solution de continuité.

Le plâtre aluné d'albâtre doit être gâché avec de l'*eau pure*. — Les proportions peuvent varier entre 15 et 30 p. 100 de son poids d'eau (les Anglais indiquent 6 litres d'eau pour 40 kilos de plâtre aluné d'albâtre).

Ce qui est nécessaire, c'est de le gâcher avec le moins d'eau possible pour en faire une pâte épaisse.

On se rendra facilement compte que la proportion d'eau peut

varier; par exemple : appliqué sur une surface poreuse, même bien humectée préalablement, il y a toujours plus grande absorption d'une partie de l'eau de gâchage, — ou bien l'été en plein soleil il faut tenir compte de l'évaporation, etc.

En tenant compte de l'absorption et de l'évaporation, il faut que le plâtre aluné d'albâtre conserve l'eau de gâchage nécessaire à sa prise et à sa solidification.

Il a d'ailleurs cela de commun avec les plâtres, chaux et ciments, qui deviennent pulvérulents s'ils sont appliqués sur des murs trop secs qui boivent l'eau de gâchage.

Au lieu de verser en le délayant le plâtre aluné d'albâtre dans l'eau, on agit comme pour le ciment : on verse l'eau sur le plâtre dans les proportions indiquées plus haut; aussi peut-on le gâcher également sur une table, sur un marbre ou dans des auges.

Gâcher fortement de façon à produire une répartition égale de l'eau et de l'alun dans toute la masse pour arriver à la consistance d'un mastic de vitrier nouvellement fait.

Ne pas craindre de trop remuer cette pâte, car plus elle est malaxée et plus dur devient le produit.

Si au bout de deux heures environ, la pâte semble faire prise, on la rend à nouveau maniable en la malaxant avec la truelle.

La prise lente du plâtre aluné d'albâtre peut varier de deux à six heures, selon que la fabrication est plus ou moins récente; elle permet à l'ouvrier de le travailler soigneusement : il a tout le temps de l'étendre à la taloche, de le dresser à la truelle ou de le traîner au calibre, etc., en un mot, de produire un travail parfait et sans perte de matière première : car le sol étant bien nettoyé, il peut utiliser les déchets tombés de son travail. — C'est cette facilité dans l'emploi qui permet de faire (sur crépis bien dressés), des enduits depuis 1 millimètre d'épaisseur.

La solidification s'opère de deux à six heures après son emploi : au bout de vingt-quatre heures, il a les deux tiers de sa dureté, les neuf dixièmes au bout d'un mois, et sa solidification complète au bout de trois mois.

C'est en se basant sur ces données que les stucateurs attendent en général trois ou quatre semaines avant de procéder au polissage, autrement le plâtre aluné d'albâtre, n'étant ni assez dur, ni assez sec, ne prendrait pas un beau poli.

Le plâtre aluné d'albâtre ne s'évente pas et ne perd aucune de ses qualités, même exposé à l'air pendant longtemps, sa prise seule est un peu ralentie, mais sa dureté augmente d'autant que sa prise est plus lente.

Il faut naturellement le tenir à l'abri de l'humidité.

Il est d'ailleurs livré en fûts; on peut lui faire supporter des voyages par eau, même de plusieurs mois, sans qu'il se trouve détérioré. — C'est ce qu'on ne peut pas faire avec les plâtres ordinaires qui s'éventent et s'hydratent au point de ne pouvoir être employés.

On peut préparer les crépis soit en plâtre, chaux ou ciment : mais avant d'appliquer l'enduit, il faut que ces matériaux aient produit leur effet; avec le crépis en alabastrine, on peut appliquer l'enduit aussitôt, le crépis et l'enduit ne se contrariant pas pendant la prise.

On peut faire le crépis en alabastrine en se servant du n° 2 ou du n° 3 auxquels on ajoute de 1 à 3 parties de sable fin de rivière ou de pierre pulvérisée en volume (selon le mortier plus ou moins gras que l'on veut obtenir).

L'enduit peut s'appliquer douze heures après le crépis en alabastrine, ou sur les autres matériaux de construction, aussitôt que leur effet est produit, comme il est indiqué plus haut.

L'enduit peut s'appliquer à la taloche ou à la truelle, se traîner au calibre; enfin par tous les procédés employés pour les plâtres et ciments.

Plus le produit est malaxé, meilleur il sera; et plus l'enduit sera appuyé fortement, plus dur il deviendra.

Si l'on veut couper l'enduit au rabot ou à la brettelée, il faut attendre environ quatre à cinq heures. A ce moment (qui est à choisir et qui peut varier suivant le plus ou moins de sécheresse de l'air ou du gâchage plus serré ou plus clair), l'enduit d'alabastrine pourra se couper sans s'arracher et se dressera facilement.

Si l'on attend douze ou vingt-quatre heures, il faudra avoir recours aux outils de tailleur de pierre, chemin de fer, etc.

Ce ne sera plus un plâtre, mais bien une pierre de taille dure.

Ce produit peut être employé pour les jointoiements — joints en creux, joints à l'anglaise, etc. — En raison de la lenteur de sa prise, l'ouvrier peut en faire ce qu'il veut.

Employé au coulis des pierres, il laisse un joint d'une blancheur éclatante et inaltérable ou de tous autres tons qu'on aura choisis.

SILICATISATION. — FLUATATION

Ces deux mots sont, dans la pratique, presque synonymes. Fuchs a découvert le *verre soluble* ou *enduit vitreux*, qui est composé de la manière suivante : 10 parties de potasse frittée,

15 parties de quartz pulvérisé et une partie de charbon ; on fait fondre d'abord dans un creuset ; puis, coulé et refroidi, on pulvérise et on y ajoute environ cinq fois son poids d'eau bouillante. La solution obtenue, appliquée sur un corps quelconque, sèche rapidement au contact de l'air, et laisse un glacis vitreux résistant bien à l'acide carbonique et à l'humidité. Ce n'est autre chose en somme qu'une des manières du procédé connu sous le nom de silicatisation.

Kuhlmann, perfectionnant ce procédé, a voulu remplacer la patine vitreuse de Fuchs par un véritable durcissement de la pierre au moyen du silicate de potasse. (Le silicate de soude, tout en produisant le même durcissement, donne lieu à des efflorescences d'aspect désagréable.)

La *dissolution siliceuse* que l'on emploie est fixée à 35° afin qu'il suffise de l'étendre d'une fois et demie son volume d'eau pour obtenir le liquide dont le degré de concentration est le plus convenable au durcissement des pierres. Les dissolutions trop faibles exigent un certain nombre d'opérations d'imprégnation, tandis que les dissolutions trop concentrées se prêtent mal à un durcissement convenable de la pierre.

La dissolution siliceuse est absorbée par les pierres poreuses : après vingt-quatre heures d'exposition à l'air, une deuxième couche est donnée et ainsi de suite jusqu'à ce que les pores étant complètement bouchés, la pierre n'absorbe plus.

La quantité de dissolution nécessaire pour durcir la pierre varie nécessairement avec la nature et le degré de porosité de ladite pierre.

Pour une pierre de grain moyen et de porosité ordinaire, il faut environ $1^{kg},500$ pour un mètre carré de surface.

Le mode d'emploi des silicates varie avec la nature des travaux. Sur les ravalements neufs l'application doit être faite immédiatement ; dans les constructions anciennes, il faut préalablement remettre la pierre à vif pour faciliter la pénétration de la solution siliceuse. Quand il est possible, comme dans le cas de ravalement fait avant pose, on doit procéder par immersions, ce qui donne un meilleur résultat. Malheureusement on ne peut faire cela que pour les petits volumes.

Les grandes surfaces sont silicatées au moyen de la lance, au pinceau ou à l'éponge.

Dans les pierres excessivement poreuses, Kuhlmann conseille : de faire pénétrer dans ces sortes de pierres de nature calcaire, et avant la silicatisation, de l'alumine et du sulfate de chaux par des imbibations réitérées de dissolution de sulfate d'alumine à 6° Baumé.

Une température peu élevée, un temps humide, sont favorables à l'application de la dissolution, la dessiccation se faisant ainsi plus lentement.

Fluatation. — On se rendra compte de l'importance du durcissement des pierres, surtout si l'on considère que la France est le pays du monde le plus riche en pierres de taille tendres. Cette richesse a une grande valeur, et peut en acquérir encore davantage.

« Non seulement, dit M. Jacques Barral, la pierre de taille tendre est plus économique d'extraction, de transport et de façon que les pierres dures, mais encore elle est plus artistique.

« Son grain, sa nuance ont un agrément particulier ; généralement, une certaine chaleur et les facilités que procure son abondance pour l'exécution par larges assises et sa docilité à tous les instruments pour la pureté ou la rectitude des contours ou des lignes, impriment aux constructions qui en sont formées un cachet particulier de souplesse, de jet, d'homogénéité, de pureté qui charme et qui séduit.

« Certes le marbre blanc est une substance admirable, d'un poli et d'une finesse d'arêtes défiant toute comparaison ; mais employé à l'extérieur dans nos climats du moins, il devient bientôt affreux, et il suffit d'avoir vu l'église Saint-Paul, à Londres, pour en rester convaincu.

« Le contraste heurté des blancs restés criards sur les points où la pluie a ruisselé avec les noirs absolus qui les entourent, déforme toutes les lignes, toutes les ombres et produit l'effet général le plus triste et le plus incohérent qui se puisse imaginer.

« Au contraire, le grain généralement régulier de nos calcaires tendres, et l'espèce de spongiosité qu'il communique à leurs surfaces, en répartissant mieux les ablutions atmosphériques, maintient sous l'action du temps l'égalité générale de ton.

« En amortissant dans un mat puissant tous les éclats et toutes les réflexions de la lumière, il détaille à leur place tous les plans successifs, estompe moelleusement les courbes et les rondeurs sans amollir les arêtes.

« Il occupe d'ailleurs, désennuie en quelque sorte l'œil du désert des grandes surfaces et son fin guilloché semble partout comme un soigneux travail surajouté pour l'amour de l'œuvre.

« Si le milieu a une telle influence sur le caractère et jusque sur le corps des êtres qui l'habitent, qu'une certaine école

scientifique ait pu aller jusqu'à prétendre que les couleurs et les formes des objets perçus par l'œil des animaux en liberté se communiquent à leur pelage, s'il est plus facile encore d'admettre que les villes placées sur la grande oolithe qui est un des calcaires tendres les plus répandus, se distinguent, ainsi qu'on l'a dit, à la fois par la beauté de leurs édifices et par l'aménité du caractère de leurs habitants, on peut dire à plus forte raison que, dans leur généralité, les pierres de France, au point de vue de leur emploi décoratif, sont bien françaises. Elles le sont par leur aspect doux et gai, par leur grâce qui ne sent pas l'effort et par leurs nuances exemptes de durs contrastes.

« Malheureusement, ces qualités sont solidaires d'une certaine fragilité. Le moindre choc, le moindre froissement produisent sur elles des éraillures d'un effet d'autant plus désagréable qu'ils ramènent brusquement leur teinte primitive sur des surfaces plus anciennes et plus hâlées.

« Leur porosité, d'autre part, les fait éloigner des orientations trop exposées à la pluie.

« C'est donc un événement très intéressant que l'apparition d'une découverte qui permet de faire disparaître ces défauts sans rien sacrifier de ces qualités.

« On avait salué déjà comme un bienfait l'avènement d'un procédé dû à M. Fuchs, puis repris et perfectionné par M. Kulhmann, qui consistait à infuser dans les pores des pierres tendres une liqueur renfermant de la silice, matière constitutive du quartz, des agates, de la pierre à fusil, de la calcédoine du jaspe, etc.

« Cette dissolution se décomposant dans leur intérieur, y laissait la silice qui leur communiquait sa dureté. Malheureusement, elle y laissait en même temps la susbtance qui lui avait servi de dissolvant, de véhicule.

« Cette substance est un sel que l'on rencontre dans les matériaux salpêtrés, un sel de potasse ou de soude.

« En sorte que, si l'on durcissait la pierre, on la salpêtrait en même temps ; de là une foule d'inconvénients comme de la rendre humide, d'y développer des taches d'un aspect désagréable, de la rendre plus accessible aux mousses, etc., etc.

« Il ne faut donc pas s'étonner si ce procédé de durcissement dit « par les silicates alcalins », du nom de la classe des corps dont il utilisait les propriétés, est resté d'un usage restreint.

« Pour durcir la pierre, il eût fallu n'y introduire que de la pierre. C'est précisément ce qu'a fait M. Kessler.

« C'est toujours la silice ou quartz qu'il emploie comme agent

de durcissement : seulement pour le rendre liquide comme il convient pour en imbiber la pierre, voici l'artifice qu'il emploie :

« Il existe dans la nature un minéral inaltérable aux agents atmosphériques, plus dur que marbre et transparent comme le verre qui porte le nom de *spath-fluor*.

« Ce minéral peut être considéré comme la combinaison d'un acide particulier avec la chaux qui, on le sait, est la base de tous les calcaires.

« C'est cette chaux du spath-fluor que M. Kessler enlève, et c'est l'acide mis en liberté par ce départ qu'il emploie pour dissoudre le quartz.

« Il suffit de rendre de la chaux à une pareille dissolution pour reformer du spath-fluor avec l'acide qui tenait le quartz dissous, et pour remettre également le quartz en liberté en l'état solide. Or, cette chaux c'est précisément la pierre calcaire qui la fournit ; en sorte qu'à peine entrée dans celle-ci, la dissolution s'y solidifie et qu'au lieu de calcaire on a deux autres minéraux : du spath-fluor et du quartz concourant tous deux au phénomène du durcissement.

« Pour rendre la dissolution plus pénétrante, on y ajoute certains oxydes, comme l'alumine, l'oxyde de zinc, la magnésie, etc., qui, insolubles eux-mêmes après la réaction, concourent à l'oblitération des pores, mais qui ne jouent là qu'un rôle accessoire, bien que fort précieux.

« Ces nouvelles sortes de dissolution portent le nom de *fluosilicates*. Quelques-unes comme celles à base de zinc et de magnésie donnent des cristaux inaltérables qu'il suffit de dissoudre dans l'eau pour l'emploi.

« Sous cette forme condensée, ces cristaux se prêtent admirablement aux expéditions lointaines

« C'est du nom de ces *fluosilicates* qu'a été fermé celui de *fluosilicatisation* ou, par abréviation, *fluatation*, qu'on a donné au nouveau procédé de durcissement basé sur leur emploi.

« Pour fluater une pierre, il suffit de l'imprégner avec la dissolution d'un fluosilicate à l'aide d'un pinceau de crins ou d'une petite pompe à pulvérisation.

« Après dessiccation, on passe une seconde couche, puis de même une troisième.

« On a soin d'y procéder après la taille et les sculptures afin de conserver l'économie du travail et ses facilités.

« On peut à volonté laisser à la pierre absolument le même aspect qu'elle avait auparavant, la blanchir ou la foncer. Cela dépend de l'oxyde dissous dans le fluosilicate employé.

« Mais si l'on veut donner à un calcaire tendre l'aspect d'une

pierre de roche avec son absence de grains, ses arêtes tranchantes, il suffit de frotter après la fluatation avec un grès dur (soit avec un débris de meule à aiguiser), les surfaces devenues dures.

« Rien n'est mieux fait que cette retouche pour montrer la différence de contexture intime produite dans le tissu même de la pierre par l'action chimique de l'opération.

« On s'aperçoit alors avec étonnement que ce grésage, qui sur la pierre naturelle ne laissait qu'une surface granuleuse, sur la pierre fluatée au contraire engendre un plan absolument lisse et sans pores apparents.

« Une des qualités précieuses de la fluatation, c'est de faire résister à la gelée toutes les pierres gélives sans exception ; c'est le rebours des silicates alcalins qui, au contraire, rendent gélives les pierres qui ne l'étaient pas auparavant.

« Depuis que ce procédé a été découvert, de nombreuses et importantes applications sont venues démontrer son efficacité et confirmer les avantages qu'il avait fait espérer. »

En même temps que le durcissement, on peut obtenir des effets décoratifs en colorant le fluosilicate. Le noir de fumée, le bleu de Prusse, ou toute autre couleur résistant aux acides, peuvent être employés. On peut obtenir les bruns et jaune-brun par les fluosilicates de fer et de manganèse ; le bleu verdâtre, par les fluosilicates de cuivre ; le vert-gris, par les fluosilicates de chrome ; le violet, par les fluosilicates de cuivre suivis d'une imprégnation de cyanure jaune ; le jaune, par les fluosilicates de zinc ou de plomb suivis d'une imbibition de chromate et d'acide chromique ; les noirs, en passant d'abord au fluosilicate de plomb ou de cuivre, puis en lavant avec du sulfhydrate d'ammoniaque.

DURCISSEMENT SIMPLE

Le durcissement simple est le cas le plus général de l'emploi du nouveau procédé.

Il s'obtient en imbibant la pierre à durcir du fluosilicate que l'on aura choisi.

On prépare plus spécialement pour cet usage :

Le fluosilicate de magnésie ;

Le fluosilicate de zinc ;

Le fluosilicate d'alumine ;

Le fluosilicate double.

Le *fluosilicate de magnésie* est un sel cristallisé que M. Kess-

ler a obtenu pour la première fois et dont la forme a été déterminée par M. Friedel.

Il donne facilement une dissolution à 20°, 25° de l'aréomètre de Baumé.

Pour le préparer, en petit, il suffit d'introduire dans une bouteille d'un litre, 400 grammes de cristaux de ce fluate, puis de remplir ce litre avec de l'eau tiède, et d'agiter jusqu'à ce que le sel soit fondu.

Pour en faire de plus grandes quantités, il est plus simple de mettre de l'eau froide dans un vase en grès ou en bois jusqu'à moitié environ ou aux deux tiers de sa capacité, puis de placer à sa surface un tamis de crin contenant du sel en excès, dont une partie au moins soit à fleur d'eau.

Il arrive, pour ce fluate comme pour celui du zinc ou pour le fluate double, que, si l'eau employée est très calcaire, il se forme un léger dépôt boueux au fond du vase. Ce dépôt est produit par la même réaction chimique que celle qui a lieu dans l'intérieur de la pierre.

Sa production ne change nullement la composition du sel dissous, parce qu'il contient tous les éléments dans la même proportion. Elle n'a pas d'autre effet que d'affaiblir d'une partie insignifiante la quantité du sel employé.

Cette dissolution ne se décompose jamais, ni à l'air, où elle ne fait que se dessécher en régénérant les cristaux qui ont servi à la faire, ni en vases clos de grès de verre ou de bois.

On doit éviter de la laisser séjourner dans les vases de fer blanc ou de zinc, et ne pas la placer dans des vases de fer qui, sans même la colorer, pourraient lui donner la propriété de jaunir un peu la pierre.

Elle n'est nullement toxique.

Elle n'attaque ni le linge, ni les vêtements, ni les peintures.

Elle n'est pas dangereuse à manier.

Elle se gèle difficilement.

Si l'on tient à ce que la pierre durcie ne porte aucune trace blanchâtre, provenant du passage du pinceau, il faut brosser avec soin sa surface, avant de la mouiller. Ces traces du pinceau proviennent, en effet, de la poussière blanchâtre que l'opération du ravalement laisse dans le grain de cette surface. Si l'on n'avait pas pris cette précaution, et si des traces de pinceau s'étaient produites, on les enlèverait facilement, soit par un brossage un peu raide, soit par le frottement avec une pierre semblable, soit par un léger grèsage ou ponçage, suivi d'un coup de brosse.

Pour le grèsage, le plus simple est d'employer un débris de meule à aiguiser blanche.

La dissolution du sel à 20° étant obtenue, on la fait boire avec un pinceau de crins par la pierre que l'on veut durcir, jusqu'à ce qu'elle refuse d'en prendre.

Il n'est pas nécessaire que la pierre soit bien sèche, ce qui, toutefois, ne vaut que mieux. Il suffit que celle-ci puisse s'imbiber à la profondeur voulue, qui dépasse rarement 1 centimètre.

On se rend facilement compte de cette profondeur en opérant au bord d'une pierre et en arrêtant le pinceau sur son arête. On voit sur l'autre face, en retour d'équerre de la pierre, l'épaisseur de la partie mouillée.

Pour les grandes surfaces, il y a avantage à remplacer le pinceau par une pompe en laiton terminée par des trous très fins, et pour que ces trous ne se bouchent pas, il convient de passer auparavant la dissolution au travers d'un tissu de coton fin.

Le lendemain, ou plus tôt si la pierre a eu le temps de sécher, on répète l'opération et l'on remarque alors qu'elle emploie infiniment moins de liquide, et que le liquide ne mousse pas comme il lui arrive souvent pour la première fois.

En répétant ainsi les imbibitions chaque fois après dessiccation, on obtient le maximum de durcissement. Il arrive à être tel qu'un morceau de craie se laisse difficilement entamer par une lime d'acier.

Mais comme il n'y a nulle nécessité d'aller jusque-là, deux ou trois imbibitions suffisent ordinairement. Les pierres à grain très serré ou invisible n'en veulent qu'une et même avec une dissolution étendue d'un tiers d'eau. Telle est la pierre de Courson, employée à l'hôtel de ville de Paris.

C'est en la frottant avec un débris de meule à repasser, quand elle est sèche, qu'on vérifie le mieux si la dureté est devenue suffisante.

Le fluate de magnésie est le plus employé de tous, il doit être choisi en concurrence avec celui d'alumine pour durcir les citernes cimentées qu'on emploie en Algérie à recevoir les vendanges ou à faire le vin.

C'est généralement celui qui change le moins la couleur des pierres.

Le *fluate* (fluosilicate) *de zinc* est également un sel incolore bien cristallisé. Il est plus soluble dans l'eau que le fluate de magnésie. La dissolution atteint facilement 40° du pèse-sels de Baumé.

Pour la préparer en petit, on met 600 grammes de sel dans une bouteille d'un litre, on la remplit d'eau tiède et l'on agite jusqu'à ce que le sel soit dissous. Pour de plus grandes quantités, on opère comme pour le fluate de magnésie. Le litre ainsi préparé pèse 1 380 grammes.

Il s'emploie comme le fluate de magnésie et il produit les mêmes effets. Il blanchit davantage la pierre.

Ses cristaux, de même que sa dissolution, sont inaltérables et peuvent se conserver indéfiniment. Sa dissolution à 40° B. ne gèle pas. Elle sert avantageusement de dernière couche pour les pierres qui boivent bien.

Le *fluate d'alumine* est plus acide que les autres. Il s'obtient difficilement cristallisé. Il donne avec le sel précédent un sel double, beaucoup moins acide et plus stable. Il obstrue énergiquement les pores superficiels des pierres. On doit donc lui donner la préférence chaque fois qu'on s'adresse à un calcaire à grains tellement lâches qu'il devient impossible de l'abreuver avec un autre fluate.

Il sert enfin à arrêter une fluatation qui ne doit employer qu'un poids déterminé de sel. Il donne volontiers un poli naturel aux pierres à grain fin ou de constitution argileuse. Enfin, il durcit instantanément les pierres les plus tendres. En raison de cette propriété, il sert au statuaire lorsqu'il a une pierre trop friable pour comporter de fins détails. Il en durcit la partie qu'il affine, au fur et à mesure de son avancement.

Le *fluate double* contient les éléments des sels précédents, il s'emploie comme le fluate de zinc et se livre, comme lui, soit en cristaux, soit en une dissolution à 40°, qu'on prépare de même.

Cette dissolution résiste à la gelée, les cristaux sont inaltérables.

Raval-fluate. — Lorsque les pierres de la surface des maisons sont devenues noires ou assez malpropres pour nécessiter un grattage, on commence par les frotter avec une brosse en chiendent ou en fil de fer si c'est nécessaire pour enlever le plus gros de la saleté.

On passe alors avec une brosse ordinaire le Raval-fluate à 10°, et la pierre reprend sa teinte naturelle.

On livre le Raval-fluate à 40°. Pour l'obtenir à 10°, il suffit de l'étendre de trois fois son volume d'eau, de manière à former quatre litres avec un seul.

Il y a encore le *fluate d'ammoniaque* dont la propriété spéciale est de ne pas laisser d'oxyde donnant une couleur quel-

conque à la pierre. Il est trop peu soluble pour présenter de notables avantages.

En résumé,

Pour le durcissement simple sans changement de couleur, les corps les plus avantageux sont :

Le *fluosilicate double ;*

Le *fluosilicate de zinc* qui donne plus de blancheur ;

Le *fluosilicate de magnésie.*

Pour l'abreuvement rapide et l'imperméabilité plus complète, le poli et le durcissement instantané :

Le *fluosilicate d'alumine*, qu'il convient d'employer presque toujours en terminant.

Pour les effets de coloration, nous verrons plus loin l'emploi d'autres fluosilicates.

Tous ces sels ont été introduits pour la première fois dans le commerce de gros par M. Kessler qui a découvert le fluosilicate d'alumine et de zinc, ainsi que les fluosilicates de magnésie, d'alumine et de chrome cristallisés.

LISSAGE ET POLISSAGE

Une condition précieuse pour un procédé de durcissement, et que possède spécialement le procédé de M. Kessler, c'est qu'il donne aux pierres durcies l'apparence même des pierres dures, quand on les grèse à sec.

Les calcaires tendres, la plupart du temps, sont à gros grains lâches qui se détachent quand on essaie de les polir, ou bien encore elles sont caverneuses, et leur coupe laisse voir des cavités où se logent les insectes, la poussière et quelquefois les végétaux.

Pour celles qui n'ont pas de cavités, mais dont le grain est sans ténacité, il suffit souvent de ne grèser ou poncer leur surface qu'après un premier durcissement plus ou moins avancé ; par exemple, soit le lendemain d'une imprégnation au fluosilicate double, soit de suite après abreuvement de fluate d'alumine.

Pour les autres : celles qui ont des vides, il faut boucher ces vides.

Le nouveau procédé offre pour cela une ressource toute particulière. Il suffit de les remplir avec une pâte formée de sciure de même calcaire, imbibée soit d'eau pure, soit avec l'*avant-fluate* étendu de une ou deux parties d'eau, et de laisser sécher, puis de passer rapidement dessus, à l'aide d'un pin-

ceau, une série de couches de fluosilicate de forces graduées.

On commence par une dissolution ne dépassant pas 6° Baumé et on continue par d'autres à 12°, 20°, 40°, jusqu'à complet abreuvement.

La seule précaution à prendre pendant cette opération, c'est qu'à chaque couche, la pierre boive instantanément le liquide et qu'il n'en séjourne pas un moment une portion à sa surface, au moins pour les deux ou trois premières couches ; sans quoi, l'acide carbonique dégagé dans l'intérieur de la pâte rapportée, ne trouvant pas d'issues suffisantes puisqu'elles seraient bouchées par le liquide en excès, soulèverait, en la désagrégeant, la couche extérieure déjà durcie.

Si donc on s'apercevait que le liquide n'entre pas assez vite, on laisserait sécher la pierre avant de continuer.

Une fois que le liquide a pénétré à travers la pâte jusqu'à la pierre, il n'y a plus à risquer de soulèvement.

La poudre déposée dans des creux devient aussi dure que la pierre fluatée elle-même et ne se laisse plus rayer par l'ongle. Il suffit de poncer la surface de la pierre ainsi bouchée pour la rendre parfaitement lisse.

Au lieu de faire une pâte pour boucher les creux de la surface d'une pierre, il est ordinairement plus expéditif de l'imbiber d'abord d'une dissolution à 12° d'avant-fluate et de la lisser avec une pierre ponce ou avec un morceau de la même pierre. La pierre ponce fait sa pâte elle-même avec les produits de l'usure du calcaire humide, et les trous se trouvent bouchés du même coup.

L'opération du lissage demande un apprentissage *de visu*, celle du durcissement qui la suit reste également délicate, en raison du risque de soulèvement. On la facilite par l'intervention de l'avant-fluate ; mais on peut aussi, dans le même but et sans recourir à son emploi, ajouter à la sciure de pierre un peu de chaux ou de ciment, et laisser durcir avant imprégnation.

En général, il est plus architectural, au moins lorsque la surface de la pierre ne se présente pas à plat, de laisser intactes les cavités de dimensions communes et de poncer ou grèser son extérieur jusqu'à ce que toute rugosité en ait disparu, puis de compléter le durcissement. Le lissage doit se faire à sec, après une imbibition donnée la veille.

Après le ponçage, la pierre est devenue lisse ; mais elle n'est pas polie.

Polissage. — Pour la polir, on fait à sa surface une ou deux imprégnations de fluosilicate d'alumine acide à 15°.

Ce poli n'a pas le brillant d'un vernis ; mais il convient parfaitement pour l'extérieur, où un brillant excessif ne serait pas architectural. Pour l'intérieur, il est facile d'en rehausser l'éclat par les moyens connus et employés pour les marbres,

D'après ce que nous avons dit des défauts des silicates alcalins, on a pu conclure déjà qu'une pierre poreuse dont on n'a imperméabilisé que la surface, est perdue si l'eau parvient à la pénétrer et si elle gèle. Il ne faut donc viser qu'à une imperméabilité relative ou obtenue avec un corps assez mou pour être éliminé avant la rupture.

Imperméabilisation. — Une imperméabilisation relative est déjà obtenue partiellement par l'emploi même des fluosilicates et surtout par la couche finale de fluosilicate d'alumine acide. La fluatation rend la porosité 20 ou 25 fois moindre.

Si l'on veut l'obtenir plus accentuée, on passe à la surface de la pierre, dans le moment où elle est le plus chaude, une encaustique préparée à cet effet. On l'applique au pinceau en tous temps.

Cette encaustique est liquide à la température de 15°.

Si elle était légèrement cristallisée, il suffirait de la placer dans une chambre où règne au moins cette température.

On obtient un résultat encore plus parfait, mais moins expéditif, en imbibant la surface de la pierre de paraffine ou de cire fondue.

Pour cela, on prend un de ces réchauds portatifs que les peintres emploient pour griller les peintures qu'ils veulent enlever, on chauffe la surface de la pierre à imperméabiliser en commençant par ses parties les plus élevées et on la frotte avec de la cire qui se fond à son contact et y entre.

Il ne faut imperméabiliser ainsi qu'une pierre qui a été lavée et qui a attendu ensuite une quinzaine de jours.

Une fois qu'une pierre a reçu cette préparation, l'eau n'y pénètre plus; et sa surface se conserve sans altération aucune.

On peut aussi imbiber la pierre d'huile de lin siccative en essuyant ce qui peut en rester à sa surface. C'est ce qu'il faut faire avec soin quand on a fluaté des baignoires.

RÉACTIONS CHIMIQUES

Lorsque la dissolution d'un fluate (fluosilicate) imprègne un calcaire, elle s'y infiltre plus ou moins vivement, quelquefois

avec une certaine effervescence, quelquefois sans action apparente.

On peut toujours éviter cette effervescence qui ralentit l'imbibition en brossant bien au préalable la surface de la pierre et en étendant d'eau le liquide jusqu'à ce qu'elle cesse de se produire. Au lieu de l'employer pur et à 40° Baumé, par exemple, si c'est du fluate double ou du fluate de zinc, on le ramènera par une addition d'eau à 20, à 15 ou à 10° s'il le faut. A la seconde imbibition qui suit le premier séchage, il n'y a plus d'effervescence. Cette effervescence, lorsqu'elle ne forme plus de mousse à l'extérieur de la pierre, ne s'en produit pas moins dans son intérieur.

Elle est due à un dégagement d'acide carbonique dont l'effet mécanique est précieux parce qu'il empêche le fluate de pénétrer dans la pierre au moment précis où ses pores sont assez bouchés pour que l'eau y entre difficilement, et assez ouverts cependant encore pour permettre à celle qui a pu s'y infiltrer d'en sortir pour venir se congeler à l'extérieur, lorsque la température descend au-dessous de zéro.

C'est à cette particularité que possède la pierre d'être assez durcie et assez poreuse encore, qu'est due son ingélivité. Plus poreuse, elle boirait trop d'eau ; moins poreuse et devenue imperméable, elle retiendrait l'eau que la gelée, en la dilatant, forcerait à faire éclater la pierre.

Nous avons dit que le fluosilicate, introduit dans un calcaire, devient pierre lui-même et insoluble comme lui..

Voici la réaction qui explique ce résultat :

Prenons, par exemple, le fluate d'alumine et faisons-le agir sur le calcaire.

On a d'abord :

$$\underbrace{2\,Fl^3\,Si + Fl^3\,Al^2}_{\text{fluosilicate d'alumine,}} + \underbrace{6\,CaO\,CO^2}_{\text{la pierre calcaire}} = \left\{ \underbrace{2\,Si\,O^3}_{\text{silice,}} + \underbrace{6\,FlCa}_{\text{spath fluor,}} + \underbrace{6\,CO^2}_{\text{acide carb.,}} + \underbrace{Fl^3Al^2}_{\text{fluorure d'al.}} \right.$$

Le fluorure d'aluminium, au moment où il se sépare ainsi, est soluble dans l'eau et il attaque le calcaire pour produire de l'alumine et du fluorure de calcium (spath fluor).

$$Fl^3\,Al^2 + 3\,CaO\,CO^2 = \begin{cases} Al^2\,O^3 \text{ alumine.} \\ 3\,Fl\,Ca \text{ spath fluor.} \\ 3\,CO^2 \text{ acide carbonique gazeux.} \end{cases}$$

Il peut se faire qu'un peu de fluorure d'aluminium échappe à cette décomposition, parce que, très instable, il passe rapide-

ment à un état isomérique dans lequel il est insoluble et très dur; mais le résultat mécanique est le même.

On voit que le sel qu'on introduit dans la pierre à l'état extrêmement soluble s'y fixe en matériaux absolument insolubles, que ni la pluie, ni la gelée, ni la chaleur ne peuvent plus en faire sortir.

Le fluate de zinc donne, de même, de la silice, du spath fluor et du carbonate de zinc, tous solides, insolubles. Le fluate de magnésie laisse de la silice, du spath fluor et du fluorure de magnésium, insolubles également.

Et cela est si vrai que, si l'on filtre une dissolution de fluosilicate au travers d'une tranche de calcaire poreux, il ne passe que de l'eau pure.

La fluatation a démontré un fait assez curieux relatif à la constitution de calcaires grenus :

Ils sont constitués par des grains relativement très durs et imperméables, réunis par un ciment très lâche et très poreux. C'est au travers de ce ciment que passe le fluate et c'est lui qu'il consolide, laissant ainsi de côté tout ce qui n'a pas besoin d'être durci. Et la preuve, c'est qu'une pierre dont la surface fluatée à fond ne fait plus effervescence par les acides étendus, si on en enlève une pellicule sans épaisseur, fait de nouveau effervessence sur tous ses grains que le ponçage a coupés, et que cette effervescence s'arrête instantanément, le grain lui-même n'étant pas perméable et le ciment se trouvant déjà saturé.

Il en résulte une économie de fluate.

EFFETS DÉCORATIFS DE COLORATION

Quand on imbibe une pierre calcaire avec une dissolution d'un fluosilicate coloré, comme le fluosilicate de cuivre, le durcissement a lieu de même que pour les fluosilicates incolores que nous avons nommés plus haut, et il ne reste non plus dans la pierre que des corps insolubles : de la silice, du spath fluor et un oxyde : soit ici l'oxyde de cuivre. Seulement comme dans ce cas l'oxyde est coloré, la pierre se trouve teinte d'une matière indélébile.

Cette teinture trahit son anatomie intime, qui n'était pas visible auparavant. Les parties tendres prennent une couleur vive, celles qui le sont moins restent plus pâles, et les nœuds marmoréens, compacts et cristallins, ne se teignent pas du tout.

Ces différences de coloration, ces nuances sont ordinairement très fines de dessin et très nettes de contours, elles ne sauraient être reproduites à la main, et elles donnent le sentiment qu'on a devant soit une pierre naturelle. C'est ce qui fait leur valeur artistique. D'ailleurs elles se continuent dans la profondeur, se voient en coupe dans les angles, et une cassure ou une éraillure ne ramènent pas la couleur primitive.

On peut rehausser ces effets, qui ne passent encore que de la nuance de la pierre à celle des dégradations d'une seule teinte et les varier par des couleurs accessoires, à l'aide de certains artifices.

Un de ces moyens les plus simples est offert par le remplissage ou lissage que nous avons déjà vu. Il se lie à un travail nécessaire pour arriver au polissage, sans lequel la pierre prendrait peu de prix.

On a vu que, pour obtenir le lissage, on remplit les cavités de la surface de la pierre d'une pâte, provenant de l'usure ou du sciage de la même pierre, qu'on durcit elle-même en même temps que les parties voisines en l'imprégnant de fluosilicate.

Dans cette pâte on incorpore d'autres couleurs, comme du noir de fumée, du vermillon, du bleu de Prusse ou toute autre poudre résistant aux acides, puis l'on procède à son durcissement comme il a été dit plus haut. On peut aussi continuer ce durcissement en substituant le fluosilicate coloré au fluosilicate ordinaire incolore.

On obtient ainsi une couleur qui tranche avec les autres et dont les effets plus vifs et plus variés sont souvent très agréables. Certains calcaires à coquillages et à empreintes vides, à fentes ou à grains concentriques, produisent, traités ainsi, de fort jolis effets.

On emploie pour les bruns et les jaune-brun : les fluosilicates de fer et de manganèse ;

Pour le bleu verdâtre : le fluosilicate de cuivre ;

Pour le vert-gris : le fluosilicate de chrome ;

Pour le violet : le fluosilicate de cuivre suivi d'une imprégnation de cyanure jaune.

On obtient les jaunes en faisant suivre les fluosilicates de zinc ou de plomb d'une imbibition de chromate ou d'acide chromique ;

Les noirs : en lavant avec un sulfure (le sulfhydrate d'ammoniaque) après un durcissement au fluosilicate de plomb ou de cuivre.

Etc., etc.

Enfin, on peut employer sur la même pierre divers colorants ou divers modifiants.

Le fluosilicate de fer durcissant moins que les autres, on peut, après quelques jours, compléter son action par une ou plusieurs imprégnations de fluosilicate double ; il en est du reste de même pour le cuivre. On doit toutefois s'arrêter dès qu'on voit la couleur pâlir.

Nous n'en finirions pas si nous entreprenions de mentionner tous les effets que l'on peut obtenir de ces moyens de coloration.

Les fluosilicates se prêtent tout particulièrement aux phénomènes de teinture des pierres, parce que d'abord ils les pénètrent facilement et qu'ensuite ils ne se décomposent qu'en place, de façon à produire, par leur seule réaction sur le calcaire, un corps coloré insoluble qui ne peut plus se déplacer.

Le corps qui se fixe n'est pas toujours un oxyde ; c'est souvent un hydrate, un carbonate ou un fluorure susceptible lui-même de modification de couleur par un autre réactif qui, en raison de cette fixation première, ne peut le déplacer. Il n'en serait pas de même des doubles décompositions avec deux sels solubles se précipitant, qui sont en usage dans l'art de la teinture des étoffes.

Par les moyens que nous venons d'indiquer, on peut obtenir à très bas prix des espèces de marbres ou pierres de prix pour cheminées, foyères, parements de vestibules ou d'escaliers, fourneaux façon faïence, vases décoratifs, balustres et rampes d'escalier, socles, soubassements, frises, culs-de-lampe, mascarons, statuettes, dallages, pendules, ornements d'architecture. baignoires, pierres d'évier, carreaux imperméables pour ménagères ou protections de murs, etc.

On voit de quelles ressources nombreuses permet de disposer le nouveau procédé, notamment pour la statuaire et la sculpture architecturale.

Aussi, à peine avait-il paru, que de nombreuses applications en furent aussitôt faites. Le nouvel hôtel des postes de Paris fut l'une des premières. Aujourd'hui on ne les compte déjà plus.

On l'avait d'abord appelé *Fluosilicatation ;* mais les applicateurs, par abréviation, n'ayant pas tardé à transformer ce mot en celui de *Fluatation* que nous avons adopté également parce qu'il se distingue mieux de celui de silicatisation.

Enduits. — Tous les enduits à base de chaux grasse ou hydraulique se durcissent, comme les calcaires, par la fluatation.

Il vaut toujours mieux laisser leur prise se faire d'abord seule sous les influences de l'eau et de l'acide carbonique avant de les fluater.

Ils deviennent ainsi plus durs, moins perméables à l'eau et plus tenaces.

On peut les lisser, et même, s'ils sont faits avec un mélange de sable calcaire au lieu de sable siliceux, les polir.

Dans ces derniers temps, on est arrivé à faire, avec certaines chaux hydrauliques, des enduits décoratifs simulant à s'y méprendre le grain de la pierre taillée et se moulurant comme le plâtre. La fluatation appliquée à ces produits achève leur assimilation à de véritables pierres.

Crépis. — Ce que nous venons de dire des enduits s'applique également aux crépis. Nous ferons observer pour les deux que si leur épaisseur entière n'était pas pénétrée jusqu'à la pierre, ils pourraient encore se détacher des murs (tout comme s'ils n'avaient pas été fluatés) par l'action alternative de l'eau et de la gelée.

Cette observation s'applique également aux ciments.

Ciments. — Les ciments et les pierres agglomérées par du ciment reçoivent de précieuses modifications de la fluatation,

L'application la plus générale et la plus indiquée consiste dans leur *brûlage*.

On sait que tous les ciments renferment des alcalis caustiques. Les ouvriers qui les manient en reçoivent souvent des preuves cruelles. Ces alcalis n'ont pas seulement pour effet de leur enlever la peau des mains, ils empêchent le badigeon et la peinture à l'huile d'adhérer aux surfaces cimentées.

Pour obvier à ce défaut, on employait un moyen barbare : on les lavait à l'esprit de sel ou à l'acide sulfurique, afin de saturer, de neutraliser ces alcalis. Mais ces acides ne bornent pas là leur action, ils en saturent aussi la chaux et désagrègent plus ou moins profondément leur épaisseur. De plus, ils forment des sels alcalins et calcaires solubles qui restent dans leur masse et attaquent les couleurs par le dessous.

En outre, le maniement des acides expose les ouvriers, et leurs taches sont des trous.

Les véritables agents à employer, ce sont les fluosilicates, c'est surtout le fluosilicate de magnésie qui sert le plus souvent pour les ciments.

Au lieu de désagréger le ciment, il le consolide, le durcit, le rend moins perméable encore. Il insolubilise les alcalis au lieu de former avec eux des sels hygroscopiques, et il suffit souvent

seul à en uniformiser la nuance. C'est un agent tout à fait spécifique ; on ne doit plus employer que lui.

Mais ce n'est pas seulement pour le *brûlage* que les fluosilicates doivent être employés sur les ciments, c'est aussi pour le durcissement.

Les ciments parfaitement réussis défient l'introduction de l'eau. Dans cet état, l'action sur eux des fluosilicates ne peut que demeurer superficielle et ne présente pas un caractère de nécessité. Mais il est rare que le ciment à prise prompte possède ce degré d'imperméabilité, et il peut aussi arriver que le ciment à prise lente, un peu éventé, laisse à désirer sous ce rapport, ou que certaines parties moins bien mêlées aux matières ajoutées, restent plus poreuses que l'ensemble du travail. Dans ce cas, une imprégnation de fluosilicate à 20 ou 40°, jusqu'à refus, rétablit l'homogénéité, en même temps qu'elle contribue à en uniformiser la teinte.

Les fabricants d'agglomérés pour pierres factices brutes ou moulées par carreaux, statues, etc., se servent déjà de ces produits avec succès pour hâter et complémenter la consolidation de leur surface externe et de leurs arêtes.

Mode d'emploi. — Lorsque le ciment est sec, l'imbiber aussi profondément que possible avec un pinceau et jusqu'à refus de fluate de magnésie au degré indiqué par un essai préalable et sur place.

Le fluate doit être suffisamment étendu pour pouvoir pénétrer facilement et profondément le ciment. Le fluate de magnésie à 20° suffit ordinairement : cependant, s'il entrait difficilement, on devrait le couper de son poids d'eau, car il importe qu'il aille le plus loin possible saturer les alcalis qui sont la cause de la dissolution de l'huile de la peinture qu'on viendrait y appliquer.

Laisser sécher douze heures environ.

Lorsqu'il est sec, essayer à la langue si la surface du ciment (*qui est généralement devenue blanchâtre*) présente la saveur caractéristique du fluate employé.

On peut remplacer la langue par un papier mouillé de Tournesol bleu que l'on appuie avec un bouchon ou autre objet sec sur la partie fluatée ; il devra rougir s'il y a eu assez de fluate.

Si l'on ne reconnaissait pas la saveur ou si le papier de Tournesol ne rougissait pas, il faudrait recommencer l'imbibition de fluate jusqu'à ce que la surface sèche présente l'un de ces deux caractères.

Laver à grande eau, laisser sécher et peindre à l'huile.

La peinture à l'huile placée dans ces conditions tiendra infailliblement.

Si l'on se propose seulement de durcir le ciment, toutes ces précautions sont moins utiles.

Cuves en ciments. — Dans certaines industries, on se sert de cuves cimentées pour contenir des liquides qui les attaquent plus ou moins rapidement.

Dans le Nord, ce sont des jus de betteraves en fermentation, des mélasses ; dans le Midi, ce sont des huiles d'olive.

En Algérie, ce sont des vendanges et des vins.

Ces produits dévorent le ciment, l'huile s'y infiltre et s'échappe, le vin se sature, devient plat, trouble, bleuâtre, amer.

L'emploi des fluates d'alumine et de magnésie donne plus de résistance aux revêtements en ciment, et les acides les attaquent beaucoup moins rapidement. Le vin n'est plus détérioré.

En employant avec le ciment du calcaire, ou des matériaux tendres au lieu de sable, tels que le sulfate de baryte, le marbre, le spath fluor, en les durcissant ensuite aux fluosilicates, on obtient des surfaces qui peuvent se lisser et se polir.

Ces produits, éminemment décoratifs, ont sur le stuc le grand avantage de supporter tous les lavages et d'affronter les intempéries de l'atmosphère extérieure.

Terres cuites. — Les terres cuites présentent une trop grande variété de composition pour que l'application des fluosilicates puisse produire sur elles des effets toujours semblables.

Cependant toutes celles qui sont poreuses peuvent en ressentir l'effet. Il est d'autant plus sensible en général que leur texture est plus fine et qu'elles sont fabriquées avec une argile plus calcaire, ou qu'elles sont moins cuites. Le fluosilicate double fonce la couleur des carreaux rouges pour dallages, et il les rend plus durs.

Dans ces derniers temps, on s'est mis à fabriquer, en terres cuites moulées, beaucoup d'ornements, de statuettes, de balustrades et de figurines ou de statues.

Il en est peu qui affrontent sans danger l'humidité et la gelée.

Nous avons vu certaines terres acquérir par l'imbibition des fluosilicates, les qualités qui leur manquaient.

Pour celles qui sont mal cuites on emploie un fluatant spécial : le *fluate argile*, qui les durcit non seulement quand

elles n'ont pas été assez cuites, mais même quand elles n'ont pas été cuites du tout.

Nous devons toutefois faire observer que l'action de ces agents sur les terres cuites n'est plus la même que sur les calcaires. Elle dépend continuellement de leur composition, et comme celle-ci est beaucoup plus variée, il est impossible d'en prévoir l'effet *à priori*.

Chaque fabricant sera donc tenu de s'en rapporter à sa propre expérience.

Tuffeaux de la Vallée de la Loire. — Grès. — Les pierres de Châtellerault, les tuffeaux de Bourrée, les tufs de Saumur, d'Angers, etc., et en général les pierres insuffisamment calcaires ou non calcaires, telles que les grès tendres et poreux (grès vosgien, etc.), devront, pour être durcies par la fluatation, être traitées de la façon suivante :

Imbiber à fond avec de l'avant-fluate de 6 à 15° selon la porosité de la pierre. Laisser sécher vingt-quatre heures, puis faire deux imbibitions de fluate double à 40°, séparées par douze heures d'intervalle. En tout, trois imbibitions.

Imperméabilisation. — La fluatation donne à la pierre tendre un durcissement considérable, mais ne bouche pas les pores de la pierre d'une manière absolue. La couche de fluosilicate d'alumine acide tend bien à ce résultat, mais ne l'atteint pas d'une façon complète. Si l'on veut obtenir l'obstruction complète ou plutôt l'imperméabilisation, il faut enduire la pierre d'une encaustique composée de la matière suivante : 1 litre d'essence de pétrole, 75 grammes de cire blanche.

Pour préparer cette encaustique, on fond d'abord la cire, on l'éloigne du feu ; puis, quand elle commence à se refroidir, on verse l'essence et l'on remue ; si elle dépose trop en refroidissant, on ajoute un peu d'essence. Au moment de l'emploi, on rend l'encaustique liquide en la chauffant au bain-marie.

Un deuxième procédé consiste à enduire la surface de la pierre de paraffine ou de cire fondue.

Après ces opérations, on frotte et on polit.

Enfin on procède encore de la manière suivante (surtout pour la roche d'Euville).

Avec un enduit composé de céruse et de litharge on fait un ratissage sur toute la surface de la pierre, un large enduit au couteau ; les pores se trouvent bien remplis, et l'enduit étant sec, on passe au grès et à l'eau. C'est dans sa simplicité un excellent travail.

Durcissement des plâtres. — Comme nous l'avons vu à propos du stuc, on donne une consistance plus grande au plâtre par une simple addition de colle, mais ce procédé ne peut convenir qu'à l'intérieur. Un autre moyen consiste en l'addition au plâtre de 1/16 en volume d'alun, et 1/16 également en volume de salmiac (ammoniaque muriatée).

MARMORÉINE

Dans un rapport fait à la Société centrale des architectes en 1891, M. Boussard, le rapporteur, dit à propos du produit de M. Vallin et parlant du manque de dureté du plâtre et de la désagrégation du plâtre par l'eau de pluie :

« Le seul remède que nous connaissions jusqu'à ce jour, pour obvier à ces inconvénients, était l'emploi de la peinture à l'huile ou du mélange de colle au plâtre pour former du stuc. »

Et ces deux moyens, du reste, étaient d'un prix élevé et d'une efficacité relative.

M. Vallin, ingénieur, vient aujourd'hui de mettre à notre disposition un procédé très simple et peu coûteux pour résoudre ce double problème ; et, pour arriver à ce résultat, il lui suffit de mouiller ou plutôt d'injecter le plâtre, quelle que soit la forme de son emploi, à l'aide d'un liquide spécial dont il garde le secret. (Pourtant dans sa brochure l'inventeur indique qu'il entre dans sa composition 75 p. 100 d'acide borique.)

Ce liquide n'est évidemment qu'un sel soluble quelconque, lequel forme avec le plâtre un composé chimique d'une dureté telle, qu'il donne l'équivalent d'un parement de pierre dure ou plutôt d'un parement de stuc.

Pour exécuter ce travail, M. Vallin emploie un cylindre analogue aux appareils extincteurs dits : MATA FUEGOS, enveloppé de flanelle, et dans lequel il verse son liquide à 100° environ, puis à l'aide d'une pompe à air, manœuvrée de la main gauche par l'ouvrier qui porte ce cylindre sur son dos, il comprime ce liquide intérieur, lequel est projeté sur les enduits à l'aide d'un tuyau de caoutchouc, muni d'une pomme d'arrosoir que l'ouvrier manœuvre de la main droite.

Ce liquide est absolument incolore, ne laisse aucune trace sur les enduits, lesquels gardent, à la disposition de l'architecte, leur coloration primitive pour en tirer tel parti que bon lui semble.

Personnellement, nous avons employé ce procédé sur des surfaces considérables, et le résultat obtenu est absolument

satisfaisant, car plus les enduits vieillissent, plus ils acquièrent de dureté.

A la caisse nationale d'épargne, rue Saint-Romain, nous leur avons fait jouer un rôle de stuc, ton pierre, et, pour mieux obtenir ce résultat, nous avons eu soin de faire poncer au papier de verre les enduits en plâtre que le maçon laisse toujours rugueux dans la pratique.

Le produit de M. Vallin aurait, de plus, l'avantage de rendre le plâtre imputrescible en l'antiseptisant — phénomène chimiquement éprouvé, paraît-il, dans les hôpitaux de Paris où des essais de démonstration des plus concluants auraient été faits.

APPLICATION SUR LES PLATRES LAISSÉS BLANCS

Les plâtres étant bien secs et bien brossés, on applique ce liquide *tout bouillant* sur ces plâtres soit avec un pinceau ou brosse à plafond, soit au moyen d'une *pompe injecteur* qu'on peut louer à 2 francs par jour avec les accessoires.

Les soies du pinceau doivent être toujours chargées de liquide et on doit repasser au même endroit jusqu'à refus, c'est-à-dire jusqu'à ce que les plâtres résistent à l'ongle.

L'emploi de la pompe injecteur est indiqué pour les grandes surfaces, parce qu'enveloppée d'étoupe, elle conserve les 10 litres chauds jusqu'à la fin de l'emploi et qu'enfin elle permet de marmoriser des anfractuosités difficilement atteintes par le pinceau ; mais lorsque l'application est faite au pinceau, il est recommandé de maintenir le vase sur le feu et de ne prendre chaque fois que 1 à 2 litres, de façon à éviter le refroidissement.

Une deuxième couche est indiquée si les plâtres sont mauvais, appliquée de la même façon cinq à six heures après la 1re couche ; cette 2e couche sert surtout à imbiber les *manques* de la 1re couche.

Si les plâtres sont très mauvais et qu'on ne veuille donner qu'une couche, on pourrait l'appliquer avec du liquide produit par une dose et demie, dissoute dans 10 litres d'eau.

Lorsque les plâtres, par suite de leur mauvaise qualité, ont absorbé une grande quantité de liquide, il peut apparaître sur la surface au bout de quelques heures quelques efflorescences, elles s'enlèvent facilement au moyen d'une brosse, d'un chiffon blanc, ou d'un lavage à l'eau tiède. — Le salpêtre qui pourrait se trouver dans les murs ressort à la surface en poudre impal-

pable qu'on enlève de la même manière; le durcissement n'en souffre pas.

Une dose durcit efficacement en 1re couche de 8^2 à 15^2 de plâtres (moyenne 10^2 pour les plâtres de Paris) et en 2e couche on n'emploie qu'une dose par 20^2 ; mais cette évaluation de surface n'a rien d'absolu, cela dépend uniquement de la qualité des plâtres. Ceux qui sont très mauvais durcissent comme les bons, mais les premiers absorbent davantage de liquide. — Sur les plâtres teintés à l'ocre par les maçons, la marmoréine les durcit très bien, mais l'ocre introduite altérant la qualité du plâtre, le durcissement exige davantage de liquide.

Il en est de même pour les sables-mortier colorés.

La marmorisation n'étant ni une peinture ni un enduit, mais une imbibition, il en résulte qu'avant l'emploi il faut enlever toutes anciennes peintures ou badigeons.

Un ouvrier doit employer au moins 10 doses par journées de dix heures, c'est-à-dire durcir 100^2 dans des conditions ordinaires.

Les doses en boîtes se conservent indéfiniment; lorsqu'il reste de la marmoréine liquide, les cristaux se solidifient et il suffit de faire rebouillir le vase pour s'en servir à nouveau. Le liquide ne brûle pas les habits, un coup de brosse suffit à enlever les tâches produites; sur les vitrages, boiseries et parquets on enlève les éclaboussures avec une éponge imbibée d'eau chaude.

Les ornements en carton-pâte, staffs, moulages, etc., se traitent de la même manière, mais il est nécessaire de les débarrasser d'abord de l'huile ou de la colle laissées par le moulage.

Les bustes, statues, hauts et bas-reliefs dont la couche de plâtre serait très mince doivent être traitées avec certains ménagements, il est prudent de n'employer que de la marmoréine à 1/2 (1/2 dose pour 10 litres d'eau) et de leur donner 2 couches de ce liquide mais moins chaud (60 à 70°).

Lorsqu'on veut peindre à l'huile ou à la colle sur des plâtres marmorisés (ce qui assure la durée de cette peinture et peut économiser une couche), *il est nécessaire d'attendre que la marmorisation soit entièrement sèche et de bien brosser les plâtres pour enlever les efflorescences produites par excès de sels.*

TEINTAGE DES PLATRES

Avec une boîte de 1 kilogr. on peut teinter de 200 à 600 m. superficiels. Pour donner aux enduits en plâtre l'aspect de la

pierre, ce qui se fait généralement pour des ravalements extérieurs, on prépare une teinte spéciale comme suit :

Dans un vase quelconque, seau, marmite ou camion, on verse la quantité d'eau qu'on juge nécessaire; dans cette eau on ajoute 5, 10, 15 ou 20 grammes de teinte et autant de blanc de Meudon pulvérisé, on délaye bien le tout et on ajoute de la marmoréine liquide bouillante en même quantité que l'eau, ce qui tiédit le tout.

Après avoir bien égrené et poncé les plâtres à teinter, on les imbibe avec cette teinte à la main avec une éponge, le plus uniformément possible en passant horizontalement et verticalement sans trop appuyer.

L'éponge doit être toujours également imbibée et on remue le liquide chaque fois qu'on y trempe l'éponge.

On peut varier la teinte en y ajoutant quelques gouttes de couleurs diverses et même de l'encre rouge ou bleue.

Cinq à six heures après le teintage on procède au durcissement de la même façon que si les plâtres étaient restés blancs.

Ce teintage *ne couvre pas*, *n'a aucune épaisseur* et, par suite, n'engorge ni les moulures ni les profils, *et les surfaces continuent à respirer*.

Lorsque le ravalement est divisé en assises au moyen de faux joints ou refends, le teintage imite bien la pierre, mais dans les grands panneaux sans refends les soudures du plâtre peuvent apparaître.

Le polissage ne doit s'employer que sur les pierres non teintées par la marmoréine, mais aussi sur des enduits teintés dans la pâte par le maçon.

La marmorisation des plâtres étant très récente, on ponce vigoureusement les enduits avec un fragment de marbre ou de glace poli en humectant constamment avec de la marmoréine chaude, puis on frotte ces mêmes surfaces avec de la flanelle blanche légèrement imbibée de cire blanche fondue.

Le lustrage simple s'obtient en frottant les surfaces avec de la flanelle blanche avant que la marmorisation soit complètement sèche.

La marmoréine peut également s'appliquer sur les pierres.

APPLICATION SUR LES CIMENTS ET ENDUITS EN MORTIER

Avec 1 dose de 5 lit. on durcit de 8 à 10 m. de superficie. Pour les enduits en ciment ou en mortier, on applique au pinceau ou à la main avec une éponge une 1re couche de marmo-

réine à 1/2 (à froid) et vingt-quatre heures après une 2e couche en marmoréine *à titre régulier*. Les ciments et mortiers doivent être bien secs avant marmorisation.

Deux ou trois jours après la 2e couche, on peut peindre à l'huile sur les ciments ou les imperméabiliser.

On s'assure que l'opération sur les ciments est suffisante pour recevoir et retenir la peinture à l'huile en appliquant sur les enduits un morceau de papier de tournesol humecté.

Si le papier rougit, ou du moins devient rose, on peut peindre sans crainte. Sinon il faudrait recommencer l'opération en forçant en eau la 1re couche.

Pour les enduits en mortier maigre, c'est-à-dire où le sable siliceux domine, on doit d'abord donner une couche de *liquide préparatoire* dédoublé, puis vingt-quatre heures après on marmorise à deux couches.

APPLICATION SUR LES PIERRES CALCAIRES

En pratique, on s'assure qu'une pierre est calcaire en versant quelque gouttes de marmoréine pure sur un point quelconque; si le point touché bouillonne et fait effervescence, c'est que la pierre est calcaire.

Sur la plupart des pierres calcaires il faut opérer comme sur les ciments, savoir : 1re couche à 1/2; 2e couche à titre régulier, et, si on veut obtenir un très fort durcissement, 3e couche en marmoréine double, triple ou quadruple; chaque couche devant être sèche avant l'application de la suivante et la pierre étant bien brossée avant l'application de la 1re couche.

Mais pourtant, pour quelques natures très tendres, la densité de la 1re couche doit être réduite au 1/3 ou au 1/4. En thèse générale, cette première couche doit être assez étendue d'eau pour que son application fasse effervescence.

Dans la plupart des cas, pour obtenir un très bon résultat, nous conseillerons de procéder comme suit : *Imbiber fortement la pierre soit au moyen d'un pinceau, soit à la main avec une éponge, après brossage préalable, de 3 couches, ayant soin de laisser sécher chaque couche avant l'application de la suivante*, savoir :

1re Couche	marmoréine	à 1/2.
2e —	—	à titre régulier.
3e —	—	double.

Ajoutant qu'avec les deux premières couches seulement on obtient un résultat très appréciable.

Il est utile de n'opérer qu'avec une petite partie de liquide qu'on verse dans une écuelle et qu'on lave à l'eau ordinaire avant de la remplir de nouveau, on évite ainsi le dépôt que le pinceau produit au fond du vase.

Les viroles du pinceau ne doivent pas être en métal.

Contrairement aux enduits en plâtre, la pierre ne durcit qu'en séchant; les pierres marmorisées absorbent environ 80 p. 100 de moins d'eau que celles non marmorisées, ce qui leur permet de continuer à *respirer* et rejeter librement leurs eaux de carrière ou autres.

Certaines natures de pierre jaunissent un peu par la marmorisation ; pour détruire ce jaunissement, il faut, après séchage, procéder à un léger égrisage au grès ou poncer avec le papier d'émeri ; cette coloration, qui n'est que superficielle, disparaît complètement.

APPLICATION SUR PIERRES SILICEUSES, TUFFEAUX ET MOLLASSES

Le durcissement de ces pierres s'opère de la même manière que les pierres calcaires, mais il faut en plus leur donner une couche de *liquide préparatoire* à la densité convenable.

Sur quelques tuffeaux l'application préalable de ce liquide préparatoire décèle la structure intime de la pierre par la production de taches peu agréables à l'œil; on évite cet inconvénient en intervertissant l'ordre d'application, c'est-à-dire en ne donnant la couche de liquide préparatoire qu'après marmorisation et séchage.

Sur les tuffeaux de Saumur un très bon résultat a été obtenu en donnant une 1re couche de marmoréine à titre régulier, une 2e couche en marmoréine double et enfin une 3e couche en liquide préparatoire pur.

DRAINAGE

Nous n'entendons pas, bien entendu, nous occuper ici du drainage proprement dit, dont la fonction est de débarrasser les terrains des eaux stagnantes qui nuisent aux racines, mais seulement de l'entraînement des eaux, qui, suivant la composition et la conformation des terrains, peuvent inonder les sous-sols et même produire de graves accidents dans les constructions.

L'eau en excès qui existe sur un terrain peut avoir deux ori-

gines différentes : elle provient de la pluie tombée à la surface de ce terrain, ou bien des sources de fond qui peuvent y exister. Dans les deux cas, quand l'eau se trouve répandue sur une couche imperméable — d'argile par exemple — il devient nécessaire, si la construction descend en contre-bas de cette couche, de canaliser les eaux, de les diriger vers la basse pente, ou, si l'on est en vallée, de les perdre dans le terrain absorbant au moyen d'un puisard.

En construction, deux cas se présentent fréquemment : 1° en plateau, avec couche imperméable en contre-haut des caves (fig. 437) ; 2° à flanc de coteau avec couche géologique imperméable se présentant aussi en contre-haut des caves vers la partie haute et en contre-bas dans l'autre partie (fig. 438).

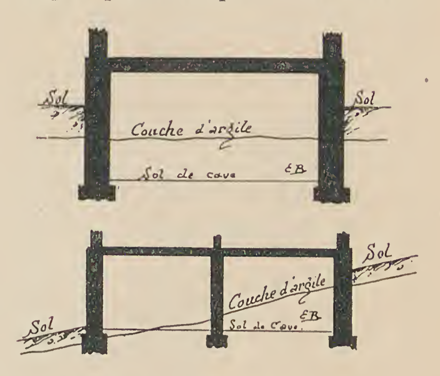


Fig. 437, 438. — Sols défectueux.

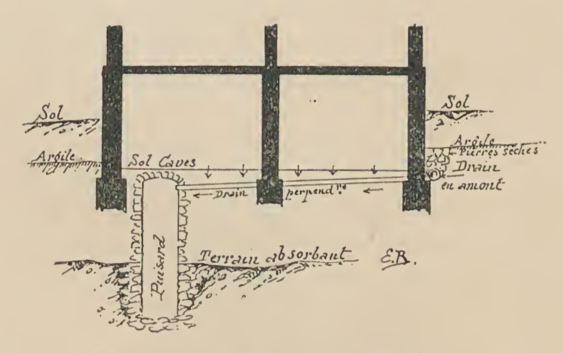


Fig. 439. — Assèchement par puisard.

Dans le premier cas, le puisard absorbant est tout indiqué, à moins qu'il soit possible de canaliser à peu de frais par suite d'une vallée à proximité. Si on n'a pas cette ressource, on établit un puisard et on canalise les eaux comme nous l'indiquons figure 439.

Dans le deuxième cas, on doit récolter les eaux par un canal partiellement absorbant à la partie haute, avec conduites laté-

rales conduisant les eaux en contre-bas des fondations (fig. 440, 441).

Nous insistons sur ce fait, qu'il vaut mieux, si l'on veut obtenir un résultat pratique, faciliter simplement l'écoulement des eaux et ne jamais recourir aux enduits protecteurs, qui

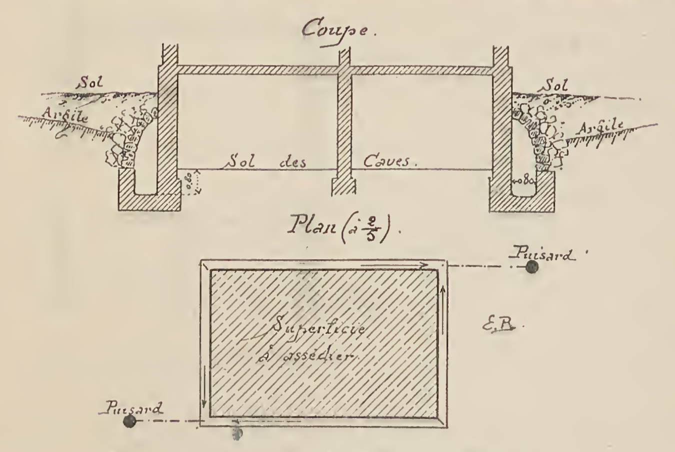


Fig. 440, 441. — Asséchement par collecteurs.

peuvent donner un bon résultat pendant un certain temps, mais qui bientôt permettent des filtrations qui sont gênantes et compromettent même la sécurité.

ÉCLAIRAGE DES CHANTIERS, BACHES, SÉCHAGE

Éclairage des chantiers. — L'éclairage se fait à l'huile ou au pétrole, suivant les localités. Il est surtout destiné à empêcher les accidents qui pourraient être causés par les amas de matériaux déposés sur la voie publique au droit des constructions.

L'éclairage est obligatoire dans les grandes villes ; généralement, des entrepreneurs s'en chargent et éclairent les chantiers, dépôts, ou travaux, par de petites lanternes. Leur entreprise constitue pour le constructeur une sorte d'assurance, car en effet, pour toute contravention dressée contre lui il aura recours contre l'entrepreneur d'éclairage et sera ainsi absolument couvert.

Bâches. — On emploie les bâches dans les constructions, soit pour couvrir provisoirement après découverture, dans les

travaux de réparation ; soit dans les travaux neufs, pour protéger les plâtres et la maçonnerie contre la pluie.

Bien souvent, par négligence ou par économie mal comprise, on néglige l'emploi de ces grosses toiles imperméables que sont les bâches ; on économise de location, pose et dépose, environ 0 fr. 32 par mètre; mais les hourdis sont mouillés, les bois pleins d'eau, et tous les plafonds à la colle sur hourdis humides sont à refaire ; il s'ensuit la perte des tentures qu'on ne peut jamais protéger parfaitement, d'où une dépense beaucoup plus grande que celle nécessitée par la location.

Dans certains grands chantiers — au Crédit Lyonnais par exemple — où l'on devait travailler pendant les mauvaises saisons, on ne se contenta pas de bâches, on enferma le chantier dans une charpente qui fut close par des parois en planches à recouvrement ou à couvre-joints en réservant de nombreuses parties vitrées. On put alors chauffer et éclairer, travailler malgré le froid ou même pendant les nuits si l'on avait un intérêt puissant à gagner du temps.

Séchage. — Les plâtres, dans le bâtiment, conservent pendant un assez long temps une humidité qui, en plus qu'elle

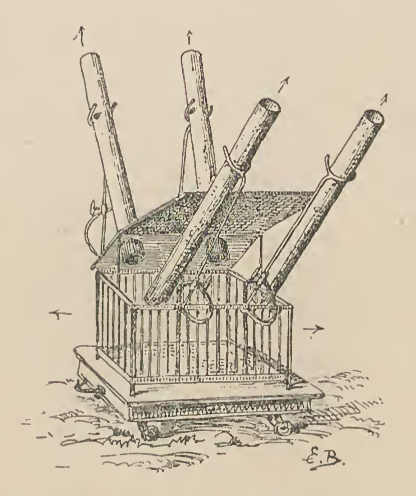


Fig. 142. — Appareil de séchage.

présente des inconvénients au point de vue de l'hygiène, est désastreuse pour les boiseries, les peintures et les papiers ou tentures.

Quand on peut et que la question de temps est secondaire, le mieux est de laisser sécher naturellement les plâtres, ce qui demande toujours plusieurs mois. Dans les constructions neuves, c'est ordinairement ainsi que les choses se passent, mais dans les réparations, c'est tout autre chose, on est pressé soit par le locataire, soit par le propriétaire : il faut aller vite.

Alors on emploie le séchage au coke qui se fait dans des appareils spéciaux (fig. 442), sorte de grands braseros avec tuyaux conduisant la chaleur la plus intense vers les points à sécher. Il faut environ cinq jours de chauffage continu pour chauffer les plâtres faits en renformis, c'est-à-dire à très forte charge.

CHAPITRE V

BÉTON DE CIMENT ARMÉ

Ciment armé. — Description. — Historique.
Matériaux employés. — Sable. — Ciment. — Gravillon. — Métal.
Données diverses. — Dilatation. — Elasticité. — Adhérence du ciment. — Imperméabilité du ciment. — Coefficients de résistance à la rupture. — Coefficients de sécurité. — Compositions de béton suivant emploi. — Pilonnage. — Moulage. — Parement.
Diverses parties de constructions en ciment armé. — Plaques. — Cloisons. — Murs. — Réservoirs. — Tuyaux. — Piliers. — Poutres. — Solives Plancher. — Moyens d'exécution. — Voûtes. — Combles. — Consoles.
Calculs de résistance. — Piliers. — Poutres à une seule armature — Poutres à deux armatures symétriques.

BÉTON DE CIMENT ARMÉ

On désigne par les mots *Ciment armé* toute espèce de construction dans laquelle le fer ou l'acier, sous forme de barres, se trouvent noyés dans du mortier ou du béton de ciment qui donnent la forme extérieure à l'ouvrage, l'ossature métallique n'étant jamais apparente.

L'idée d'associer et de faire travailler ensemble le métal et le ciment est peut-être très ancienne, mais l'application n'en avait été faite que très exceptionnellement, ce qu'il faut sans doute attribuer au prix très élevé du fer alors que la métallurgie n'avait pas encore réalisé dans la fabrication les progrès qui lui ont permis depuis de baisser considérablement les prix et de permettre la généralisation de l'emploi du métal.

Quoi qu'il en soit, à l'exposition de 1855 à Paris, figurait un bateau en ciment armé, et, en 1861, M. François Coignet, dans son ouvrage, *les Bétons agglomérés appliqués à l'art de construire* [1], prévoyait déjà l'usage du ciment armé et indiquait les avantages de cette construction mixte en montrant comment on

[1] Publié par E. Lacroix, Paris, 1861.

pouvait l'appliquer dans les confections des planchers, barrages, digues, voûtes surbaissées, etc.

Nous nous rappelons avoir vu à l'Exposition de 1867 un exemple d'application de béton aggloméré de M. F. Coignet ; c'était une partie de pont exécutée en béton qui se composait d'une culée, d'une arche entière d'environ 10 mètres, d'une pile et d'une demi-arche arrêtée à la clef et se maintenant en porte-à-faux. Nous croyons nous souvenir que ces arcs renfermaient des armatures métalliques noyées dans le béton ; en tout cas, il avait là une démonstration des résultats qu'on peut obtenir de la monolithie que permet l'emploi des matériaux agglomérés recevant leur forme dans un moule.

Depuis longtemps aussi, M. Monier exécutait en ciment armé des ouvrages tels que tuyaux, réservoirs, bassins, etc., dans lesquels le mortier de ciment emprisonnait un grillage ou un réseau de nervures métalliques.

En 1876-77, M. de Mazas, ingénieur de la marine, a posé les premières bases du calcul de ces constructions mixtes pour l'étude des caissons des bassins de radoub de Missiessy (ancienne entreprise Couvreux et Hersent).

Des applications du système ont été faites à l'étranger où MM. Hyatt, Jakson, Ransom et autres ont construit des poutres et planchers.

En France, MM. Bonna, Bordenave, Barron, Chassing, Cottencin, Dumesnil, Hennebique, Monier, etc., imaginèrent des systèmes particuliers dont quelques-uns sont couramment appliqués.

La théorie n'a pas suivi les progrès pratiques. Cependant, les travaux de MM. Coignet, Durand-Claye, Lefort, de Mazas, de Tédesco, etc., ont donné des résultats qui permettent d'avoir des bases de calcul suffisantes pour que les dimensions des pièces et les forces des armatures soient en rapport approximatif avec les efforts imposés.

En résumé, malgré les applications très importantes qui ont été faites, le ciment armé est un mode de construction qui n'a pas encore de bases de calcul absolument exactes et dans lequel le ciment et le métal travaillent d'une manière encore incomplètement connue.

MATÉRIAUX EMPLOYÉS

Sable. — Le meilleur sable à employer dans le mortier destiné à faire des constructions en ciment est fin, c'est-à-dire que

les grains ont environ 0,001 de grosseur. Il doit être siliceux, anguleux, et doit crier dans la main ; comme tout bon sable, il doit être propre et exempt de matières terreuses. Le sable de rivière est le meilleur.

Ciment. — Le ciment de Portland à prise moyennement lente est celui qui paraît présenter le plus d'avantages au point de vue de l'emploi, il laisse pendant sa prise tout le temps nécessaire pour que les soudures des couches se fassent dans de bonnes conditions et permet de ne pas être obligé de conserver un temps indéfini les membrures dans les moules comme il en adviendrait avec le ciment à prise très lente.

Gravillon. — Le gravier dit « mignonnette » est employé de préférence, mais tout gravier siliceux, exempt de matières terreuses, est propre à faire un bon béton.

Métal. — L'acier doux, par suite de ses qualités d'élasticité et de résistance à la rupture, semble devoir être préféré.

Le profil employé a peu d'importance, cependant les fers ronds, plus réguliers de fabrication et plus homogènes, se prêtent moins que d'autres profils aux vides du mortier et ne présentent pas d'arêtes capables de couper le ciment ou les attaches métalliques.

DONNÉES DIVERSES

Le coefficient de dilatation de l'acier et du ciment est à peu de chose près le même :

Pour le ciment, 0.000,0135 ; par degré centigrade ;

Pour l'acier, 0.000,0130 à 0.000,0148 par degré centigrade ;

Le coefficient d'élasticité de l'acier doux est de 2.200.000 ;

Celui du ciment artificiel de Candelot non armé est de 224.000; soit environ le dixième.

D'après des expériences faites au laboratoire des ponts et chaussées, l'allongement du ciment ne serait que de 1/8 de millimètre par mètre. Mais ce coefficient est très variable, varie avec l'origine des ciments, leur emploi, et ne peut être donné d'une façon certaine.

D'expériences faites à Munich, par M. le professeur Bauchinger, il résulte que la force d'adhérente du ciment au métal atteint de 40 à 47 kilogrammes par centimètre carré.

L'imperméabilité du ciment peut aller jusqu'à supporter des pressions de 20 à 25 mètres.

LES COEFFICIENTS DE RÉSISTANCE JUSQU'A LA RUPTURE SONT PAR CENTIMÈTRE CARRÉ

MATÉRIAUX	TRACTION	COMPRESSION	CISAILLEMENT	FLEXION
Ciment Portland à prise lente	10	80-150	»	10-30
Mortier de ciment Portland.	13	100-300	26	»
Acier doux	4 500	5 500	3 700	5 900
Fer en barres	3 800	3 000	2 900	4 800

Les coefficients de sécurité par centimètre carré, qui peuvent être employés dans le calcul des constructions en ciment armé sont :

Béton travaillant à la compression seulement, 20 à 25 kilogrammes par centimètre carré ;

Fer travaillant à la traction, 9 à 12 kilogrammes par millimètre carré ;

Acier doux travaillant à la traction, 11 à 14 kilogrammes par millimètre carré.

COMPOSITIONS DE BÉTONS SUIVANT EMPLOI

Pour les hourdis de 0,08 à 0,10 d'épaisseur, le béton peut être composé de 300 kilogrammes de ciment par mètre cube de gravillon et de sable ;

Pour dalles minces, destinées à porter seulement de faibles charges, 1/5 du volume de sable ;

Pour voûtes et planchers 1/3 du volume de sable, soit de 400 à 450 kilogrammes pour un mètre cube de sable ;

Pour les ouvrages devant résister à la pression de l'eau, suivant les épaisseurs, deux volumes de ciment et trois parties de sable ou une partie de ciment et une partie de sable.

Pour les dalles épaisses, deux volumes de ciment, quatre de gravier ou pierres concassées et un de sable.

PILONNAGE

Le béton doit être fortement pilonné par couches minces de 0,10 à 0,15 d'épaisseur,

Pour les voûtes, l'étendage et le pilonnage doivent être faits suivant la direction du rayon.

MOULAGE

Le béton est jeté dans des moules en bois facilement démontable. On met d'abord au fond une couche de mortier de l'épaisseur nécessaire, puis on place les fers devant former l'armature et qui seront enrobés par le béton.

PAREMENT

Le ciment obtenu par moulage présente une surface rugueuse, la couleur est loin d'être agréable. Pour ce qui est des rugosités, on les dissimule facilement sous un enduit en ciment ; pour la couleur on peut y obvier en remplaçant l'enduit de ciment par un enduit en mortier coloré, qui permettra tous les tons désirables et qui adhère bien sur le ciment.

DIVERSES PARTIES DE CONSTRUCTIONS EN CIMENT ARMÉ

PLAQUES

Les plaques peuvent être utilisées pour couverture de caniveaux, dallages, hourdis de planchers, et partout où devraient

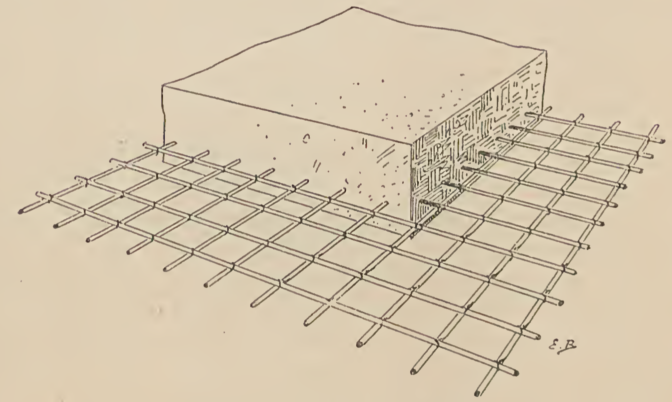


Fig. 443. — Système Monier.

être employées des dalles de pierres, des plaques de fonte ou de tôle striées.

Elles peuvent être ajourées, présenter à la surface un quadrillage, sertir des dalles de verre, et adaptées à tous les usages.

Elles se font en mortier de ciment et parfois en béton, quand

elles sont d'assez grande épaisseur et qu'elles n'ont pas besoin d'être étanches.

Leur construction est fort simple, sur une couche de mortier étendue dans un moule, on vient poser un grillage métallique avec attaches suivant le système Monier (fig. 443), ou tissé, sans attaches, d'après le système Cottancin (fig. 444), puis on

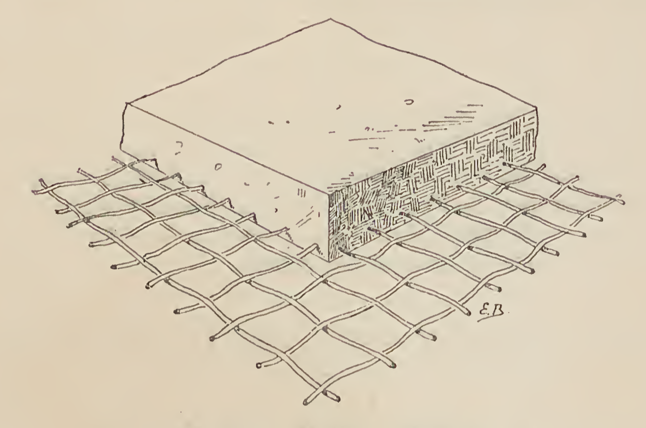


Fig. 444. — Système Cottancin.

remplit le moule avec du béton qu'on pilonne et qu'on dresse soigneusement à la règle.

CLOISONS

« Dans les cloisons en ciment armé, dit M. Lavergne, il y a plusieurs cas à considérer :

« 1° Les cloisons ordinaires, chargées verticalement, telles que cloisons des maisons d'habitation ;

« 2° Cloisons ayant à supporter des efforts de poussée d'un seul côté, telles que les cloisons de soutènement des terres ;

« 3° Cloisons soumises à des efforts de poussée agissant d'un côté ou de l'autre de la paroi, telles que cloisons de réservoirs. pouvant être simultanément l'un plein et l'autre vide.

« Pour le premier cas, on doit se préoccuper du voilement vertical, si la cloison a une hauteur assez grande ; pour l'éviter, les fers verticaux sont placés alternativement de chaque côté de la paroi et porteront des étriers qui rendront ces fers solidaires de la masse du béton (fig. 445 et 446, syst. Hennebique).

« Pour le deuxième cas, ayant la poussée des terres d'un côté, l'armature verticale se trouvera sur la paroi opposée et sera

calculée pour résister en chaque point aux efforts de poussée qui se produisent sur la cloison.

« Un cas intéressant est lorsqu'on arrive à avoir des cloisons dont la longueur est sensiblement égale à la hauteur et que l'encastrement se fait sur les quatre côtés de la cloison. Il y a lieu de tenir compte de ce que les efforts fléchissants peuvent aussi bien se développer horizontalement que dans le sens vertical ; par suite, les cloisons sont armées dans les deux sens, » c'est-à-dire que l'armature est un grillage formé de fers verticaux et de fers horizontaux placés sur le même côté de la cloison.

« Si la cloison formant mur de soutènement des terres a une grande longueur, elle est renforcée de distance en distance par des nervures, poutres verticales qui ramènent la cloison au cas précédent.

« Pour le troisième cas, il faut considérer que la poussée peut se faire alternativement d'un côté ou de l'autre, il faut absolument que l'on considère chaque cas séparément, et que chaque paroi soit armée comme si elle devait résister seule. »

Les épaisseurs des cloisons varient de 0,08 à 0,16.

Les cloisons sont moulées entre coffrages ; « une paroi du coffrage est montée dans toute sa hauteur, les fers verticaux ayant été placés au préalable ; on monte ensuite la deuxième paroi du coffrage, au fur et à mesure que le remplissage de la cloison s'exécute, on met les barres horizontales très facilement et on surveille parfaitement la fabrication, ce qui est on ne peut plus important ».

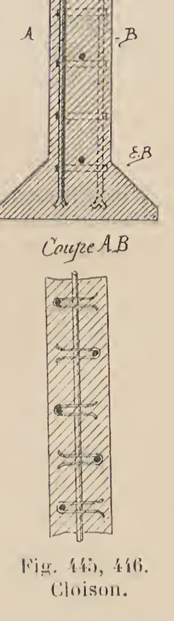


Fig. 445, 446. Cloison.

MURS

Les murs se construisent de la même façon, mais à plus forte épaisseur. Quand on n'est pas obligé d'avoir des surfaces sans saillies, il y a avantage à construire des piliers sur lesquels reposent des poutres et à remplir les espaces entre piliers par des cloisons minces. C'est ce qui peut toujours être fait dans les constructions industrielles.

RÉSERVOIRS

Les réservoirs, et généralement tous les récipients cylindriques, peuvent être construits en ciment armé. La construction des réservoirs a d'ailleurs été une des premières applications de ce système et le fer sous forme de couronnes travaille à l'extension de la manière la plus rationnelle.

L'ossature est formée d'un grillage en métal de même construction que ce que nous avons indiqué plus haut pour les plaques.

Pour les réservoirs des formes prismatiques, les côtés sont des cloisons recevant une poussée d'un seul côté, et qui doivent être établies suivant la méthode que nous avons décrite pour ces cloisons travaillant dans ces conditions.

TUYAUX

L'ossature des tuyaux est constituée par des cercles ou des hélices qui forment les éléments de résistance et des tiges de répartition dirigée suivant les génératrices du cylindre.

Les tiges sont placées à l'intérieur des cercles ou hélices quand la pression a lieu du dedans au dehors, et à l'extérieur des mêmes cercles ou hélices si la pression est extérieure.

PILIERS

Les piliers se font avec quatre fers ronds entretroisés de fers plats à chaque mètre environ de la hauteur pour les maintenir pendant la pose. Ces fers sont placés dans les angles, on place le moule à la distance voulue des fers et on coule le mortier que l'on pilonne par couches minces (fig. 447).

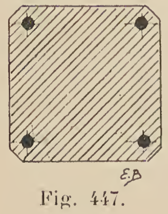


Fig. 447. Pilier.

POUTRES

Dans les constructions en ciment armé, la monolithie obtenue permet de considérer avec quelque raison les pièces travaillant à la flexion comme demi-encastrées ou même totalement encastrées, ce qui paraîtra assez rationnel si on considère que, presque toujours, les piliers sur lesquels viennent reposer les poutres sont munis de corbeaux plus ou moins saillants (fig. 448).

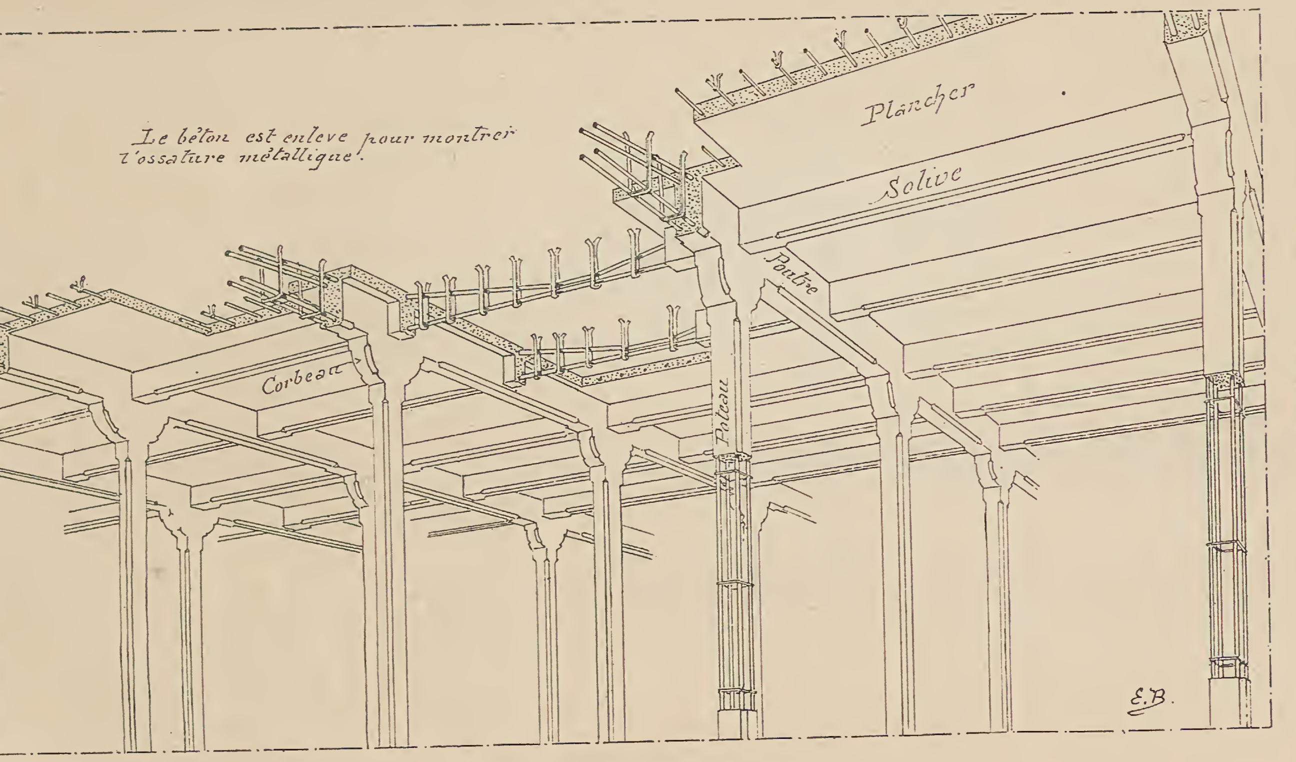


Fig. 448. — Ensemble de plancher.

Les poutres, considérées comme encastrées, sont établies en plaçant des fers horizontaux à la partie inférieure et d'autres fers, qui, partant du haut, vont en descendant jusqu'à une certaine distance, puis parallèlement aux premiers pour remonter ensuite symétriquement. Un certain nombre d'étriers en feuillard placés plus rapprochés au fur et à mesure qu'on se rapproche des portées marient l'ensemble du ciment à l'ossature fer.

Plusieurs systèmes sont en présence :

M. Hennebique n'arme ses poutres qu'à la partie inférieure (voir fig. 448) et se sert, à cet effet, de véritables tirants en fers ronds scellé dans les murs. Le travail de compression incombe complètement au hourdis. Les étriers solidarisent la mem-

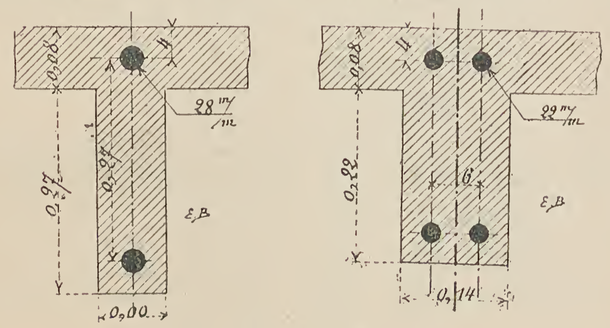


Fig. 449, 450. — Poutres.

brure fer et la membrure béton. M. Hennebique suppose en général ses poutres soumises à un demi-encastrement, il résiste aux mouvements négatifs qui se produisent vers les extrémités par des barres rondes, que nous indiquons sur notre dessin.

M. Cottancin appelle ses tirants « épines-contreforts » ; il les rattache au hourdis par un véritable tissu de fils métalliques continus.

D'autres constructeurs se rapprochent de la section symétrique en plaçant haut et bas des barres, mais en donnant à celles supérieures un diamètre plus faible.

M. Lefort, ingénieur en chef des ponts et chaussées préconise la poutre à deux armatures symétriques (fig. 449 et 450).

« Une poutre, dit-il, est ou simplement posée sur ses appuis (fig. 451) ou encastrée sur ces mêmes appuis (fig. 452).

Dans le premier cas, le moment fléchissant a le même sens dans toute la longueur de la poutre, il est maximum au milieu avec la valeur $\frac{1}{8}\, p.\, l^2$, et il est nul sur les appuis.

p, poids par mètre uniformément réparti ;
l, portée de la poutre.

Dans le second cas, le moment fléchissant change deux fois de sens. Si l'encastrement est complet, il a pour valeur :

$$\text{Sur les appuis } \frac{Pl^2}{12},$$

$$\text{Au milieu } \frac{pl^2}{24}.$$

Il est nul aux 0,21 et aux 0,79 de la longueur.

Dans le premier cas, la région comprimée est continue dans toute la longueur de la poutre. L'emploi d'une poutre en béton armé conçue rationnellement peut être admis, mais non conseillé.

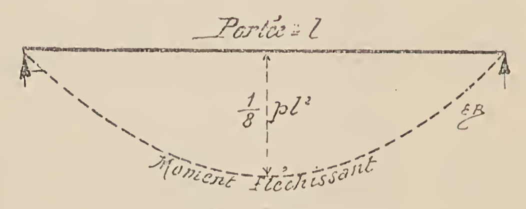


Fig. 451. — Poutre posée.

Dans le second cas, la région comprimée n'est pas continue sur toute la longueur de la poutre puisque le moment fléchissant change deux fois de sens et entraîne avec le changement correspondant de cette région. La poutre à une seule armature ne convient donc pas à ce cas.

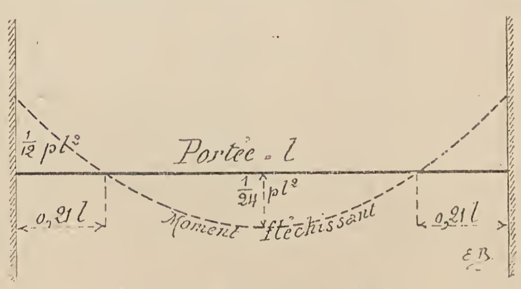


Fig. 452. — Poutre encastrée.

Enfin, il se pose une dernière question : Est-on sûr qu'une poutre est simplement posée ou qu'elle n'est pas partiellement ou totalement encastrée ? Quand une poutre pénètre dans un mur et s'y appuie, il se produit généralement un moment

d'encastrement plus ou moins complet dû à ce que le relèvement des extrémités de la poutre, lorsque celle-ci s'incurve sous l'action des forces, est contrarié par les maçonneries du mûr on peut cependant réaliser le libre appui par des dispositions spéciales de sabots, rotules, jeux autour de la poutre, etc., mais, en général, ces dispositions augmentent le prix de la construction.

Quand, comme dans le cas des planchers en ciment armé, les armatures des poutres, poutrelles et hourdis sont enchevêtrées à leur rencontre, on peut penser qu'il y a encastrement aux points de rencontre pour toutes les pièces.

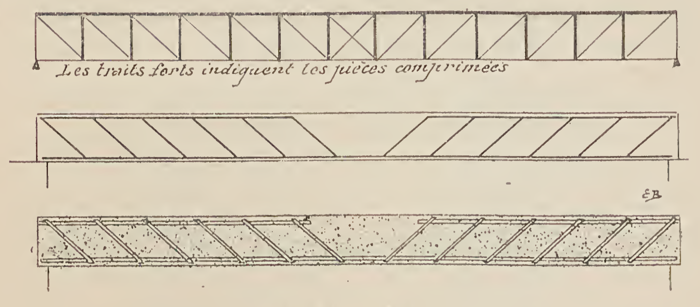


Fig. 453, 454, 455. — Poutre de Pratt.

La poutre rationnelle avec armature unique, ne convient que dans le seul cas où l'on a pris les mesures nécessaires pour assurer le libre repos sur les appuis. »

Les poutres en ciment armé présentent un grand avantage sur les poutres en fer dans le cas de croisements à angles quelconques. En effet, si sur des murs formant un carré, un rectangle ou toute autre figure, on veut avec des poutres en fer former des compartiments, on n'aura que la moitié des poutres qui travailleront; les autres, assemblées sur les premières, les chargeront et ne travailleront que pour leur portée entre poutre ou entre poutre et mur.

Il n'en est pas de même pour les poutres en ciment, il n'y a pas d'assemblages, les poutres passent au travers l'une de l'autre et travaillent chacune pour leur portée totale. Si une seule est chargée, elle obligera l'autre à un travail solidaire, mais ne sera pas un poids mort.

Beaucoup de systèmes d'armatures ont été imaginés par les constructeurs, mentionnons entre autres celui de M. L. Coularou, qui prend le principe de la poutre de Pratt (fig. 453), et supprime les pièces comprimées (fig. 454) de manière à ne conserver au

fer qu'un travail à l'extension pour laisser au béton le soin de résister à la compression, et qui obtient par ce moyen la poutre que nous représentons figure 455.

Tous les systèmes d'alleurs procèdent de cette donnée : ne conserver du métal que là où il y a traction, et le but sera encore obtenu si à la poutre de Pratt nous substituons celle

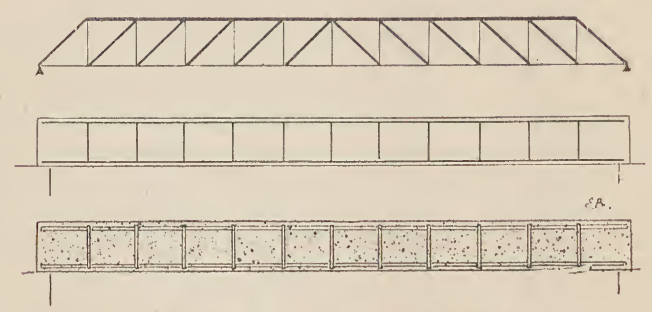


Fig. 456, 457, 458. — Poutre de Howe.

de Howe (fig. 456). En effet, on voit (fig. 457) que les croisillons comprimés sont supprimés et remplacés par le béton et qu'on obtient ainsi la poutre à deux armatures symétriques (fig. 458) que nous croyons la plus rationnelle, étant donné qu'on est peu fixé sur le point de savoir s'il y a encastrement ou non.

SOLIVES

Les solives en ciment armé ont la même constitution que les poutres; elles sont seulement d'une section plus restreinte en rapport avec le poids qu'elles doivent supporter (fig. 459).

Les solives sont à des distances beaucoup plus considérables que dans les planchers en fer.

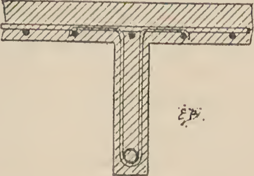


Fig. 459. — Solive.

PLANCHERS

La réunion des poutres, poutrelles et hourdis forme un véritable monolithe sans assemblages d'aucune sorte. Les armatures noyées dans le ciment constituent un chaînage général en tous sens, et la masse de ciment assure un équerrage parfait de toutes les parties rendant absolument impossibles les déformations.

Parmi les nombreux travaux exécutés, les écuries du Bon

Marché de notre estimé confrère M. Boileau nous fournissent un excellent exemple et nous emprunterons au journal *l'Architecture* les lignes suivantes :

« ... Toutes les parties d'un tel plancher se moulent sur place dans leur position définitive ; les moules sont simplement faits de planches en bois, et tenus en place par des étançons placés sous le fond.

On commence par les piliers, que nous avons décrits plus haut, puis par les poutres maîtresses dont le moule se fait d'abord jusqu'à la naissance des poutres secondaires, moins l'épaisseur de la planche formant le fond du moule de celles-ci ; quand les moules ont été mis exactement à leur place respective, on étend la couche de béton du fond, on dispose ensuite les étriers et les barres de fer en suivant les épures préparées, on remplit enfin le surplus du moule en pilonnant le béton par couches successives, jusqu'à hauteur du bois.

On fait alors toute la partie des poutraisons qui est en dessous du plan inférieur des poutres secondaires.

Les moules de ces dernières poutres se composent d'un fond et de deux joues, et reposent sur les moules déjà posés et remplis des poutres principales ; le fond porte, sans les dépasser, sur les joues de ces premiers moules. On procède à la mise en place des fers, qui doivent être recouverts d'une couche de béton variant de 0,025 à 0,04, et au moulage du béton, comme précédemment, et cette opération une fois terminée, on achève le moulage des poutres principales dans la hauteur des poutres secondaires.

A ce moment, toute la poutraison est terminée, jusqu'au-dessous du hourdis. On attend que le béton ait fait sa prise, puis on enlève toutes les joues des poutres en conservant seulement les fonds de moules et les étançons. Les extrémités des étriers sortent du plan supérieur des poutres pour assurer la liaison avec les hourdis qui restent encore à faire.

Pour étendre ces hourdis, on dispose des planches parallèlement aux poutres secondaires et arasant leur plan supérieur ; on soutient les planches par des pièces de bois placées à $1^{m},50$ de distance environ les unes des autres, perpendiculairement aux poutres secondaires ; ces pièces de bois franchissent tout l'espace compris d'une poutre à l'autre, et leurs extrémités sont soutenues par d'autres pièces de bois appliquées le long des joues des poutres. Toutes ces pièces de bois sont étançonnées, pour éviter les affaissements au moment du damage.

Trois ou quatre jours après le moulage, quand on constate que le béton est suffisamment dur, on enlève les moules, en

laissant cependant pour quelques jours, au milieu de chaque panneau, une pièce de bois soutenue par un ou deux étançons. »

Nous donnons figures 460 et 461 deux coupes du plancher de la grande cour centrale.

Les poutres principales d'environ $7^m,60$ de portée sont espacées de $3^m,50$ d'axe en axe. La section de ces poutres est de $0^m,30$ de large et $0^m,40$ de hauteur (non compris hourdis) ; celle du fer est composée de six barres de 42 millimètres de diamètre.

Les poutres secondaires ont une portée de $3^m,20$ mesurée entre les joues des poutres principales ; leur section est de $0^m,16$ de largeur sur $0^m,30$ de hauteur.

Le hourdis à $0^m,12$ d'épaisseur.

Ce plancher a été calculé pour recevoir un pavage pesant 400 kilogrammes par mètre superficiel et une surcharge uniformément répartie de 900 kilogrammes qui devait être portée à une fois et demie, soit 1 350 kilogrammes pour les épreuves.

La totalité de la charge à laquelle il fallait soumettre le plancher pendant les essais de résistance devait donc atteindre 1 750 kilogrammes par mètre carré, et la flexion des poutres ne devait pas dépasser le millième de leur partie, soit $0^m,0076$.

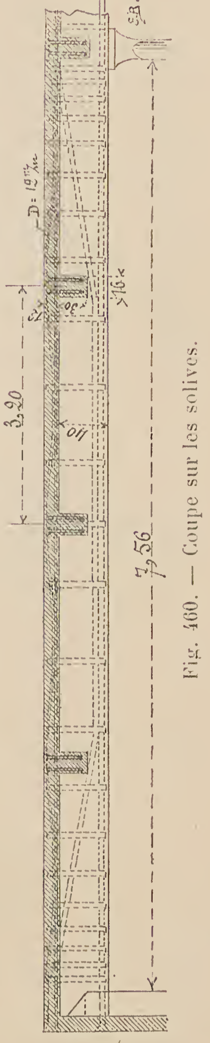


Fig. 460. — Coupe sur les solives.

VOUTES

On obtient, grâce à l'emploi du ciment armé, des voûtes d'une épaisseur aussi réduite que possible. A Argenteuil, dans les travaux d'assainissement de la Seine on a employé la forme elliptique pour une gale-

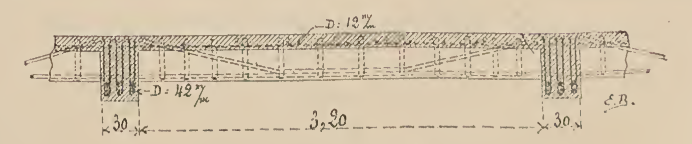


Fig. 461. — Coupe sur les poutres.

rie de $5^m,16$ de large et de $3^m,34$ de haut (le grand axe de l'ellipse se trouvant à 2 mètres au-dessous de l'intrados sous clef, et les piédroits, continuant sur $1^m,34$ de hauteur avec un rayon de 6 mètres), qui, sur un parcours de 2 500 mètres, sert de logement à deux conduites de $1^m,80$ de diamètre.

L'ossature de cette galerie, exécutée par M. Coignet, se compose d'un treillis métallique à mailles de $0^m,11$ de côté, résultant du croisement de directrices elliptiques et de génératrices

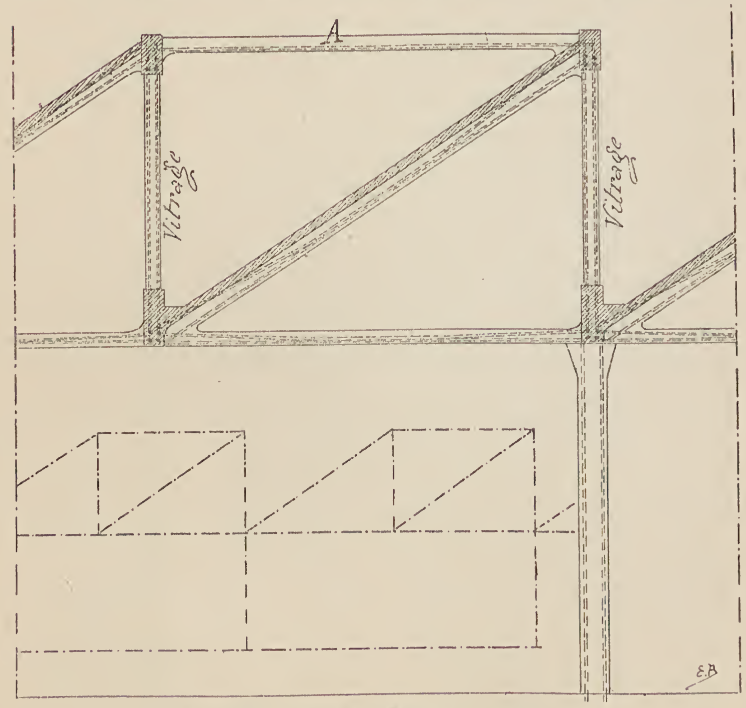


Fig. 462. — Comble Shed en ciment.

rectilignes formées par des barres d'acier rond de 16 à 18 millimètres, avec attaches en fil de fer recuit de deux en deux mailles ; elle est noyée dans une couche de mortier de 9 centimètres d'épaisseur.

On fait aussi des voûtes surbaissées d'une grande hardiesse de forme.

COMBLES

Les constructeurs appliquent le ciment armé à toutes les branches de la construction. Ils font aussi des combles mono-

lithes en ciment dans lesquels le bois ou le fer sont remplacés par des membrures qui constituent de véritables fermes procédant des mêmes principes résistants employés dans la charpente.

Les uns constituent le comble en faisant des poutres de différentes hauteurs placées aux endroits qu'occuperaient les pannes et réunissent ces dernières par un hourdis exécuté comme celui des planchers.

La couverture même peut être en ciment, et rien ne s'oppose à constituer de même les chéneaux, descentes, etc.

Nous représentons (fig. 462) une application industrielle des combles en ciment armé. C'est un comble Shed dont l'écartement des points d'appui atteint 11 mètres et dans lequel les fermes sont espacées de $4^{m},40$ environ. Par l'adjonction de la membrure comprimée A on a fait de deux sheds une véritable poutre qui franchit la portée par deux dents.

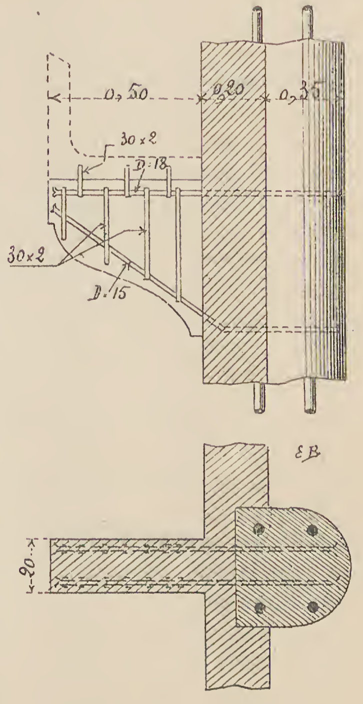


Fig. 463, 464. — Console.

CONSOLES, ENCORBELLEMENTS

On connaît les beaux spécimens de consoles portant trottoirs exécutés sur le chemin de fer de ceinture. Un exemple plus modeste nous est donné par un cheneau exécuté aux écuries du Bon-Marché (fig. 463 et 464).

CALCULS DE RÉSISTANCE

POTEAUX OU PILIERS

On sait que dans les piliers en pierre, quand le rapport de la hauteur à la plus petite dimension transversale ne dépasse pas 10, on emploie simplement la formule S R, c'est-à-dire la

surface en centimètres carrés multipliée par le coefficient de résistance pris également par centimètre carré.

Dans les travaux de ciment armé exécutés aux écuries du Bon-Marché, « c'est dans le premier plateau de béton formant plancher bas du rez-de-chaussée que les poteaux de ciment prennent naissance. Ceux-ci ont pour section un carré de 0m,30 de côté, et la répartition des fers y est calculée en prenant pour coefficients de résistance des matériaux employés 25 kilogrammes par centimètre carré pour le béton et 10 kilogrammes par millimètre carré pour le fer. Pour la section choisie, S, exprimée en centimètres carrés, la résistance de béton est $S \times 25$ kilogrammes ; si la charge à supporter est P, exprimée en kilogrammes, il restera à confier au fer une résistance $P - S \times 25$ kilogrammes, divisant ce nombre de kilogrammes par le coefficient de résistance pris pour le fer, on aura finalement à effectuer les opérations indiquées par la formule $\frac{P - S \times 25}{10}$, et le résultat obtenu donnera en millimètres carrés la section nécessaire du fer à noyer dans le ciment ».

Dans les poteaux, nous avons vu que cette section doit être répartie sur quatre fers ronds placés dans les angles. Dans le cas particulier, ces fers ronds sont entretoisés par des bandes de feuillard percées au poinçon pour l'enfilage des tiges. Quatre feuillards forment un entretoisement complet, et ces entretoisements sont espacés de 0m,50.

Pour nous, nous pensons que, dans la construction des piliers, il est plus prudent de ne pas faire entrer en ligne de compte la résistance à la compression des tiges en fer et de ne les considérer que comme propres à parer aux flambages possibles.

L'écart considérable existant entre les coefficients d'élasticité du métal et du ciment permet de penser que le travail des deux matériaux peut ne pas être parfaitement simultané. De plus, on doit considérer qu'en pratique, les barres de métal peuvent n'être pas absolument droites et verticales ; que la charge, par suite de flexion d'une poutre chargée, par exemple, peut donner à l'effort une direction oblique, et qu'il peut s'en suivre un travail de flexion dans le pilier absolument comme s'il travaillait à la manière d'une poutre.

POUTRES A UNE SEULE ARMATURE

L'incertitude où l'on est à propos du coefficient d'élasticité à attribuer au ciment ne nous permet pas de pouvoir donner une

formule exacte fixant la résistance d'une poutre en ciment armé seulement à la partie inférieure.

Nous nous contenterons d'indiquer seulement que certains constructeurs, pour faciliter le calcul, supposent le solide homogène, c'est-à-dire doué d'une égale résistance à l'extension et à la compression en enrobant à la partie inférieure un volume de fer égal au centième de celui de la poutre.

Sur ces données le problème devient très simple et une poutre peut être calculée avec la plus grande facilité. En effet, supposons que nous demandons à une poutre de 5 mètres entre points d'appui de porter une charge uniformément répartie de 10 000 kilogrammes compris le poids propre de la poutre et admettons le coefficient de travail de 24 kilogrammes par centimètre carré, nous aurons :

$$\frac{\mathrm{P\,L}}{8} = \frac{10\,000 \times 5.00}{8} = 6\,250 \text{ moment fléchissant.}$$

Faisant travailler la matière supposée homogène à 24 kilogrammes on aura :

$$\frac{6\,250}{240\,000} = 0{,}0206 \text{ valeur } \frac{1}{n} \text{ nécessaire.}$$

Il nous faut maintenant trouver une section présentant cette valeur.

Supposons une hauteur égale à $0^{m},50$ et faisons le calcul avec $0^{m},01$ d'épaisseur :

$$\frac{i}{n} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{n} = \frac{\frac{0.01 \times 0.50^3}{12}}{0.25} = 0.00042$$

Il ne reste plus qu'à savoir combien de fois 0,00042 est contenu dans 0,0206, soit 49 fois.

La poutre aura donc 0,50 de hauteur sur 0,49 de large.

Maintenant, si l'on veut avoir la quantité de fer à mettre à la partie inférieure, on fera l'opération suivante :

$$\frac{0{,}49 \times 0{,}50}{100} = 24{,}5 \text{ centimètres carrés.}$$

soit 4 barres de fer de 0,028 millimètres de diamètre.

Il est bien entendu que ce procédé de calcul ne peut être appliqué que dans le cas où la poutre repose simplement sur

deux points d'appui, ce qui paraît être fort rare dans les constructions en ciment armé dont le principal caractère est la monolithie.

POUTRES A DEUX ARMATURES SYMÉTRIQUES

Étant donné que presque toujours il y a encastrement partiel ou total, cette disposition semble devoir être préférée.

On admet que l'enveloppe en ciment augmente considérablement le coefficient pratique de résistance du métal et que ce travail peut sans inconvénient être porté à un tiers en plus que celui qu'on lui demandait s'il travaillait nu.

M. L. Stellet pose en principe que le travail des mortiers ou béton de ciment, malgré qu'il soit notable, ne doit être compté que comme un appoint augmentant la sécurité adoptée dans une proportion qui dépend trop des soins apportés à l'exécution pour pouvoir être, même approximativement, calculée. Il n'a donc en vue que les semelles symétriques de la poutre métallique enrobée, qu'il proportionne au moment de flexion et à l'effort tranchant. Ce calcul n'offre aucune inexactitude, puisque la position réelle de la fibre neutre et le coefficient d'élasticité du métal sont bien déterminés. Le rôle du ciment est de constituer une âme indéformable et de maintenir en place les armatures.

Prenons comme exemple de calcul une poutre devant supporter une charge totale de 5 000 kilogrammes uniformément répartie sur une portée de 5 mètres, et considérons-la comme demi-encastrée.

n h

Fig. 465.

La formule sera $\frac{PL}{10}$, soit $\frac{5000 \times 5.00}{10} = 2500$, moment fléchissant.

Supposons une poutre de $0^m,50$ de hauteur et défalquons l'épaisseur de béton recouvrant les barres, nous aurons $\frac{0,50}{2} - 0,03 = 0,22$.

$\frac{I}{n} = \frac{Sh^2}{n}$ formule dans laquelle :

S est la surface cumulée, en fonction du mètre carré, de la section transversale de toutes les barres contenues dans la poutre ;

h la distance de la fibre neutre à l'axe des fers ;

n la distance de l'extérieur du fer à la fibre neutre.

Mais, puisque nous connaissons le moment fléchissant M = 2500, il est facile de connaître l'effort développé dans les barres

en faisant H distance verticale d'axe en axe des barres et en posant $\frac{M}{H} = E$, effort développé dans chacune des membrures haute et basse.

Faisant travailler le fer à $8 + 2,6$ kilogr. $=$ $10^{kg},600$ et en appelant ce coefficient de résistance R, nous connaîtrons le volume de fer nécessaire $\frac{E}{R}$ $=$ S surface des barres.

Fig. 466.

Prenant l'exemple ci-dessus et fixant $H = 0^{m},40$, nous aurons $\frac{2\,500}{0,40} = E$ ou 6 250,

Et $\frac{6\,250}{10^{kg},6} = 542$ millimètres, soit 2 fers ronds de 19 millimètres pour chaque armature.

La largeur de la poutre peut être ainsi fixée arbitrairement.

Avec ce qui précède on peut calculer toutes les autres parties de construction, solives, planchers, etc.

CHAPITRE VI

MARBRERIE, VITRERIE, VITRAUX

Marbrerie. — Ouvrages divers. — Cheminées capucines. — Cheminées à modillons. — Cheminées à consoles et à griffes. — Cheminées Pompadour. — Divers styles. — Foyers. — Doublage.

Vitrerie. — Le verre. — Ses qualités. — Verre trempé. — Verres à vitres. — Verre simple. — Verre demi-double. — Verre double. — Dimensions du commerce. — Pose. — Profilage du mastic.

Vitrerie de toits. — Condensation. — Divers procédés employés pour rejeter les eaux de condensation à l'extérieur. — Condensation sur les fers. — Lames de verre.

Vitrerie sans mastic. — Système Hardy. — Système Murat. — Systèmes anglais.

Différentes espèces de verres. — Verres dépoli, cannelé, striés. — Verres mousseline. — Verres de couleur. — Des glaces. — Etamage.

Verres-dalles. — Fabrication, pose.

Vitraux. — Vitraux mis en plomb. — Vitraux diamantés. — Vitraux adhésifs.

MARBRERIE

Sous la dénomination de marbrerie, on comprend générale ment tous les ouvrages exécutés en marbre, en pierres dures dites de liais, comme, par exemple, les dallages, les revêtements et panneaux en marbre, les colonnes, les pilastres, les chambranles d'encadrement, les cheminées, etc.

Nous n'avons rien à dire sur le carrelage en marbre qui se fait hexagonal, octogonal, carré, en diagonale, etc., ces carrelages ne différant de ceux en béton et ciment que par la richesse plus grande de la matière.

Les colonnes, pilastres, panneaux, etc., sont du domaine de l'architecture et n'ont rien à voir en tant qu'éléments en marbre avec la construction proprement dite.

« Il ne paraît pas, dit M. Viollet-le-Duc, qu'il y ait eu des cheminées dans les intérienrs des palais ou des maisons de l'époque romaine. Ce n'est guère qu'au XIIe siècle qu'on voit apparaître

les cheminées dans les intérieurs ; elles sont faites en pierre, en briques et plus tard en briques avec enveloppe en bois.

De nos jours, les cheminées ordinaires se font en marbre et le commerce en met à la disposition des constructeurs un certain nombre de modèles que nous allons examiner successivement.

Cheminées capucines. — Ces cheminées doivent leur nom

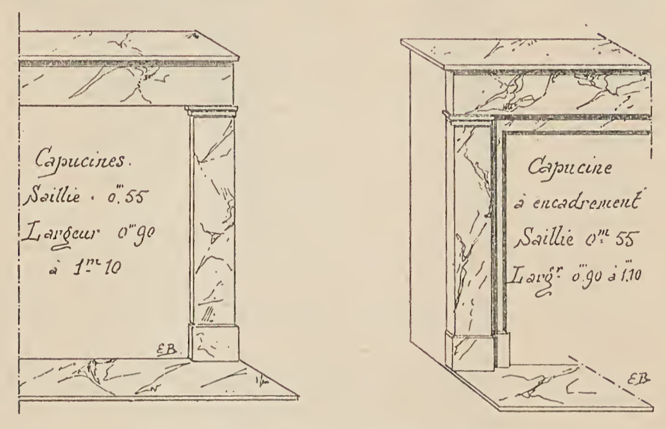


Fig. 467, 468. — Cheminées capucines.

à leur simplicité ; elles se composent de deux montants droits sans moulures, posant sur un petit socle, d'une traverse éga-

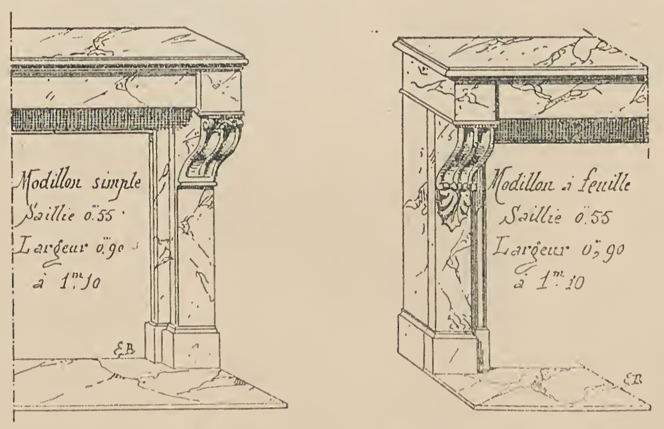


Fig. 469, 470. — Cheminées à modillons.

lement unie, et enfin d'une tablette sans profil reposant sur le tout (fig. 467). Les capucines sont toujours exécutées en mar-

bres peu coûteux, comme le marbre *noir français*, le *rouge de Flandre*, etc. Ces capucines sont avec ou sans foyer, avec

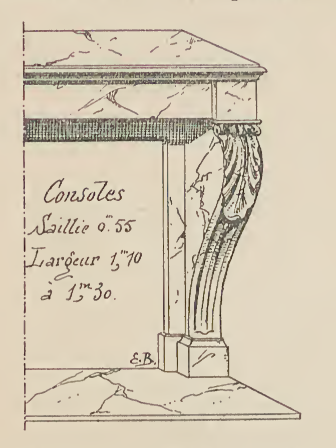


Fig. 471. — Cheminée à consoles.

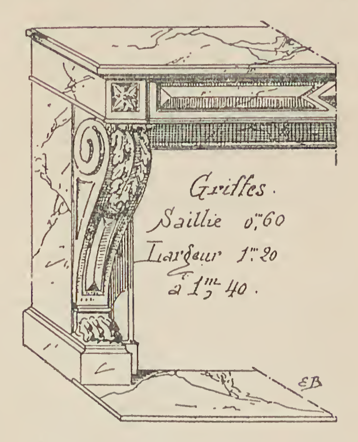


Fig. 472. — Cheminée ä griffes.

ou sans cadre à l'intérieur ; parfois même les faces latérales (ou revêtements) sont revêtues du même marbre que celui de

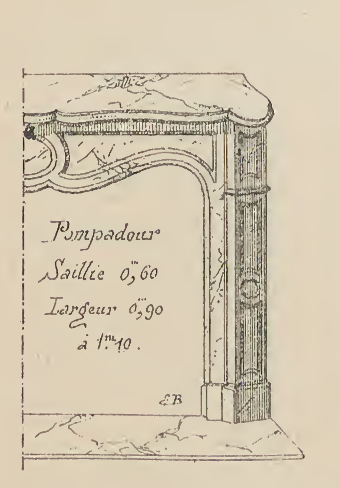




Fig. 473. — Cheminée Pompadour.

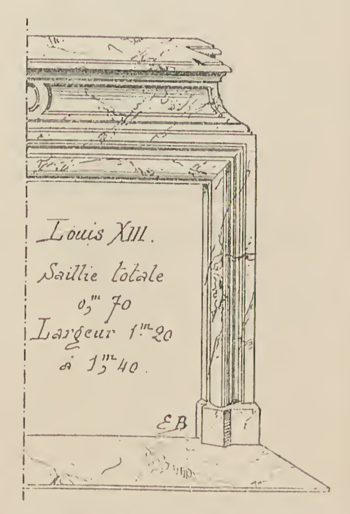
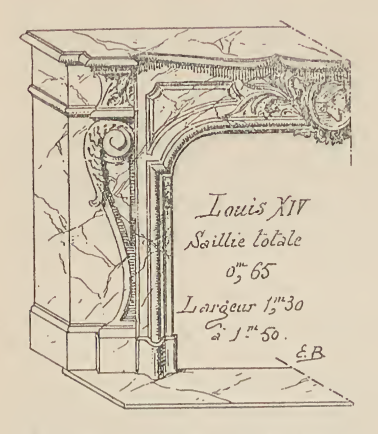
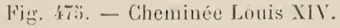


Fig. 474. — Cheminée Louis XIII.

la cheminée, tandis qu'ordinairement ces côtés se font en plâtre recouvert de peinture (fig. 468). Ces cheminées se font à $0^{m},90$ et 1 mètre.

Cheminées à modillons. — Ces cheminées prennent leur nom de deux petites consoles qui supportent la traverse. Ces




Fig. 475. — Cheminée Louis XIV.

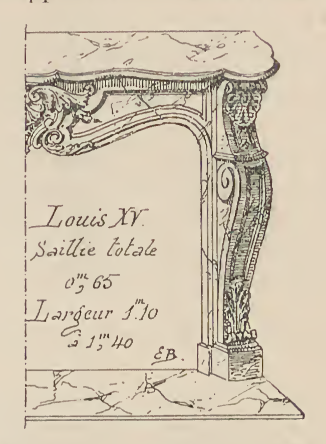


Fig. 476. — Cheminée Louis XV.

petits modillons sont unis ou avec feuilles (fig. 469, 470). Ces cheminées se font de 0m,90, 1m,15 et 1m,20.

Cheminées à consoles et à griffes. — Ces cheminées sont motivées par de grandes consoles qui prennent sous la traverse pour venir reposer sur le socle (fig. 471). Elles sont unies ou avec feuilles d'eau ou d'acanthe, celles dites *à griffes*, ont tout simplement leurs consoles terminées par une patte de lion (fig. 472). Ces cheminées se font de 1 mètre à 1m,40.

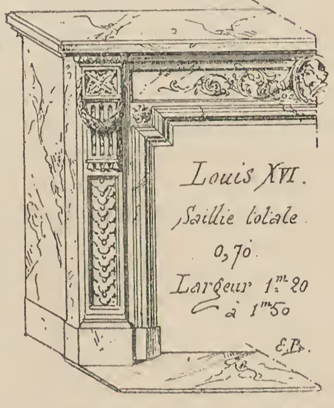


Fig. 477. — Cheminée Louis XVI.

Cheminées Pompadour. — La cheminée Pompadour est à pans coupés, à traverse à double courbe (caractéristique du style), avec tables en creux et profils adoucis (fig. 473).

Les autres cheminées ne se distinguent que par les marbres employés et les styles ; on fait des cheminées Louis XIII (fig. 474), Louis XIV (fig. 475), Louis XV (fig. 476), Louis XVI (fig. 477).

Tous les autres types de cheminées de formes et de styles quelconques se font sur commande et sur dessins spéciaux.

Les foyers sont simples ou à compartiments, c'est-à-dire qu'ils sont faits d'une seule pièce ou composés de marbres appareillés et de différentes couleurs.

Doublage. — Les marbres débités en tranches minces sont très fragiles ; on a coutume de les consolider par une doublure en liais scellée au plâtre. Pour les foyers à compartiments, cette précaution, qu'on néglige quelquefois pour les marbres en une pièce, est indispensable.

VITRERIE

Le verre est connu depuis la plus haute antiquité ; mais fut d'abord employé à la confection de petits objets et d'ornements de toilette. Ce n'est que beaucoup plus tard que l'industrie en progressant permit l'emploi du verre pour garnir les fermetures des baies.

D'une manière générale le verre est un composé de silice, de potasse ou de soude, et de chaux ou d'oxyde de plomb, que la fusion transforme en une masse transparente d'une grande dureté, attaquable seulement par le diamant et par l'acide fluorhydrique. C'est une matière dure, mais très fragile, transparente et lisse, qui laisse pénétrer la lumière et la chaleur qui en est la conséquence, mais qui, par contre, ne laisse pas repasser en sens inverse la chaleur obscure produite par l'échauffement de l'air et des objets qui se trouvent à l'intérieur, c'est-à-dire que le verre est diathermane à la chaleur rayonnante lumineuse et athermane à la chaleur rayonnante obscure. Précieuses qualités qui font le plus grand agrément de nos habitations.

Passant de l'état liquide à l'état solide par l'abaissement de la température, il conserve assez longtemps un état plastique qui, par modelage ou moulage, permet de lui donner toutes les formes ; chauffé, et brusquement refroidi par immersion dans l'eau froide, il subit une sorte de *trempe* qui le rend beaucoup plus dur, mais en même temps plus cassant. Le verre *trempé*, très résistant, se brise en morceaux très menus s'il n'a pu résister au choc.

Le soufflage du verre se fait comme le soufflage des bulles de savon ; c'est plus dangereux, voilà tout. Le verrier cueille avec

la *canne* — long tube de fer — une certaine quantité de matière en fusion, liquide, et souffle. Suivant l'intensité du souffle, ou il obtient un ballon légèrement ovoïde, ou cylindro-conique ; on remet la pièce au feu pour rendre plus malléable l'extrémité qu'un souffle plus violent vient ouvrir ; puis d'un fil de verre étiré on entoure chacun des deux calottes hémisphériques des extrémités, ce qui en détermine la coupe d'une manière très nette. Il reste alors un cylindre, une sorte de manchon que l'on fend dans le sens longitudinal en se servant d'un fer tranchant trempé dans l'eau froide. Il ne reste plus qu'à procéder à la deuxième opération qui consiste à faire chauffer à nouveau le manchon obtenu, à le placer sur une aire plane que les verriers nomment *lagre*, et enfin à l'étaler et le réduire en table ou feuille au moyen d'un rouleau de bois. Le produit obtenu est le verre à vitres.

Le travail du souffleur est extrêmement dangereux, l'homme le plus robuste résiste peu de temps à ce labeur ; l'ouvrier absorbe fatalement une certaine quantité d'air surchauffé et absolument sec, qui détermine des désordres graves et irréparables de l'organisme.

Les verres à vitres sont divisés en : simple, demi-double et double. Ces trois sortes de verres sont de plus distinguées suivant leur perfection de fabrication, en : 2e, 3e et 4e choix.

Par suite du procédé de soufflage qui sert à l'obtenir, le verre à vitres présente de grandes différences d'épaisseur, non seulement dans une même caisse, mais encore sur une même feuille. Il n'est pas rare qu'un verre ayant 2 millimètres d'épaisseur à une extrémité ait 3 et 4 milimètres à l'autre. Cette irrégularité rend le poids du verre très variable, ce n'est donc qu'une approximation, une moyenne, que nous pouvons donner.

Le verre simple a environ de 0^{m},0012 à 0^{m},0022 d'épaisseur et pèse approximativement 4 kilogrammes le mètre superficiel.

La caisse contient 60 feuilles, soit 27 mètres superficiels.

Le verre demi-double a environ de 0^{m},002 à 0^{m},003 d'épaisseur, et pèse approximativement 6^{kg},250 le mètre superficiel. La caisse contient 40 feuilles, soit 18 mètres superficiels.

Le verre double a environ de 0^{m},003 à 0^{m},004 d'épaisseur, et pèse approximativement 8 kilogrammes le mètre superficiel.

La caisse contient 30 feuilles, soit 13^{m},50 superficiels.

(La feuille est comptée pour une surface moyenne de 0^{m2},45.)

Les dimensions courantes du commerce au nombre de douze sont les suivantes :

0,69 × 0,66,	0,72 × 0,63,	0,75 × 0,60,	0,81 × 0,57
0,87 × 0,54,	0,90 × 0,51,	0,96 × 0,48,	1,02 × 0,45
1,08 × 0,42,	1,14 × 0,39,	1,20 × 0,36,	1,26 × 0,33

Comme on le voit, les largeurs varient de $0^{m},03$, et les hauteurs irrégulièrement de $0^{m},03$ à $0^{m},06$.

Dans les verres hors mesure la variation est de $0^{m},03$ pour longueur et largeur, de $0^{m},69 \times 0^{m},66$ à $2^{m},52 \times 0^{m},60$, dont la moyenne donne : $1^{m},59 \times 1^{m},11$.

Le carreau de verre se pose dans de petites feuillures (fig. 478) qui, autant que possible, doivent se trouver placées vers l'extérieur. Pour les parties ouvrantes en fer, le verre doit être coupé presque juste, il faut laisser seulement la place pour un léger callage en chêne ; il va sans dire que dans ce cas le verre doit être assez épais pour former panneau et empêcher la déformation de la fenêtre. Dans les croisées ou portes en bois, le verre est coupé juste, callé au besoin, et arrêté en place par de petites pointes que l'ouvrier rabat de manière à les perdre dans le masticage. Le masticage consolide le verre, calfeutre le joint entre verre et la menuiserie, et empêche de passer l'eau ou l'air.

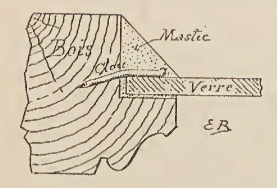


Fig. 478. — Feuillure à verre.

Dans le cas de vitrerie sur châssis métallique les clous sont remplacés par de petites goupilles qui passent dans des trous percés dans les petits bois en fer et se perdent dans le mastic (fig. 479).

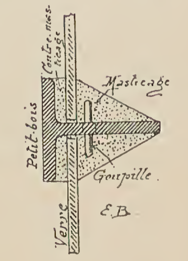


Fig. 479.
Fer à vitrage.

Le mastic se pose en biseau, il ne doit pas dépasser sur les petits côtés de son triangle, en section, les dimensions de la feuillure. Ce masticage est uni, mais il serait possible de le rendre plus élégant en employant un outil mouluré qui reproduirait sur le mastic un profil rappelant celui du fer à moulure. Les extrémités pourraient n'être pas profilées pour éviter la façon du raccord d'angle et l'on procéderait comme pour les chanfreins arrêtés. Avec un outil bien combiné et un peu de pratique nous pensons que ce masticage décoratif ne reviendrait pas beaucoup plus cher.

VITRERIE DE TOITS

C'est un des plus difficiles problèmes que les constructeurs ont à résoudre s'ils veulent arriver à la perfection. A première vue la couverture en verre ou vitrerie de toits ne paraît présenter aucune difficulté ; il semble qu'il suffit de donner assez de recouvrement, de bien mastiquer les verres. Cependant, tout cela ne suffit pas, le grand défaut de la couverture en verre est la condensation inévitable qui se produit par la grande surface de refroidissemont par contact que présentent les vitrages de toits. La vapeur d'eau contenue dans l'air se condense, forme goutte, et en tombant détériore les objets que l'on voulait abriter. Il y a donc pour le constructeur à combattre la condensation sur le verre d'abord et sur les fers ensuite.

Voyons d'abord le verre ;

Dans les verres d'une pièce, quand l'inclinaison est assez forte, 0m,10 par mètre environ, on n'a à se préoccuper que de l'écoulement des eaux de buée à la partie inférieure ; mais dans la généralité des cas on a affaire à une vitrerie composée d'éléments restreints, on a alors un grand nombre de joints qui sont autant d'obstacles à l'écoulement des gouttes qui viennent se buter, s'accumuler, et enfin tombent et causent des dommages. De plus, les verres placés en contact (fig. 480) ne se joignent pas d'une façon absolue, la buée y pénètre ; l'eau de pluie, par capillarité, y remonte, et la poussière vient bientôt, dans toute la surface du recouvrement, former une boue qui fait un effet déplorable.

Fig. 480. — Recouvrement de verres.

Il est toujours préférable de laisser un espace de quelques millimètres entre les deux verres, de manière à ce que l'eau provenant de la condensation sur les vitres trouve son écoulement au dehors à chacune des feuilles de verre.

Les résultats les plus pratiques et les plus économiques ont été obtenus par des tringles, en métal ou en toute autre matière, interposées entre les deux verres. Tous les systèmes de joints de verres partent de ce principe : récolter l'eau de condensation et l'évacuer à chaque joint.

Ils sont fort nombreux les systèmes, on pourrait presque dire que chaque vitrier a le sien ; et ils ne diffèrent guère que par la forme de la tringle.

Nous en examinerons quelques-uns, ceux dont les explication

ont été considérables et dont les qualités sont suffisamment démontrées ;

La tringle Collin, qui a été employée à l'exposition de 1878 est en plomb et se place entre les deux verres ; au milieu, une légère dépression permet l'écoulement de l'eau récoltée au centre de la courbe formée par la tringle (fig. 481, 482) ;

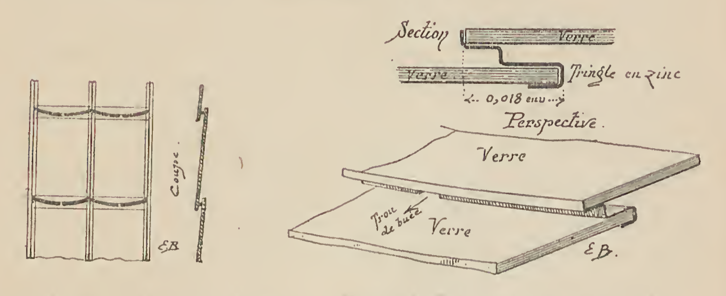


Fig. 481, 482. — Tringle Collin. Fig. 483, 484. — Tringle Bigeard.

La tringle Bigeard, qui forme crochet continu, est cintrée et percée d'un trou au centre (fig. 483, 484) ;

La tringle Sartore, variété de la précédente (fig. 485, 486). Ces deux tringles appartiennent à M. Murat.

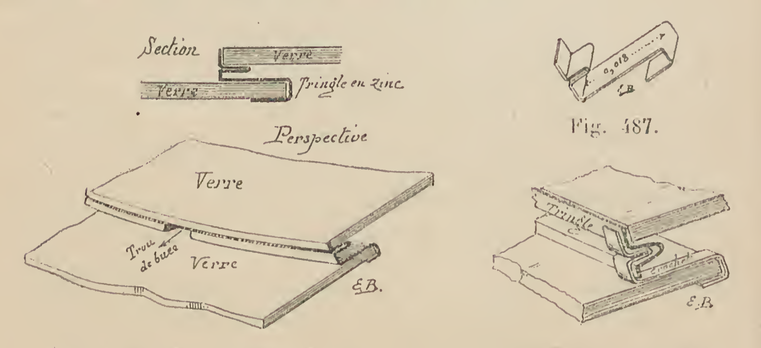


Fig. 487.

Fig. 485, 486. — Tringle Sartore. Fig. 488. — Tringle Murat.

La tringle Murat, qui a sur les précédentes l'avantage de ne pas border de métal le verre inférieur et par conséquent de ne pas activer la condensation possible. Ce système est à agrafes, c'est-à-dire qu'aux deux extrémités du verre inférieur on pose au point haut du verre et dans chaque feuillure une agrafe (fig. 487), suivant le profil adopté.

La tringle affecte la section représentée figure 488. Dans les deux cas on peut faire un contre-masticage dessus et dessous

de manière à calfeutrer absolument dans toute la largeur du verre, sauf le trou d'écoulement de la buée.

Ces tringles répondent parfaitement à la donnée d'évacuer l'eau (fig. 489). La goutte, une fois formée, suit le verre et descend jusqu'à la tringle où elle s'arrête, s'accumule, et, grâce à la forme cintrée, vient sortir à l'extérieur par le trou de buée.

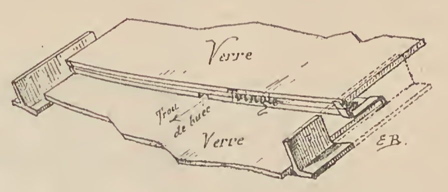


Fig. 489. — Tringle Murat.

La condensation sur les fers est plus difficile à éviter. Un moyen fort ingénieux a été essayé ; il consistait à coucher de mixtion le fer et à le saupoudrer de poussière de drap. Les résultats ont d'abord été excellents, puis la poudre de laine s'est humectée et les accidents se sont reproduits comme si aucune précaution n'avait été prise.

On a été amené à rechercher les formes de fers pouvant recueillir l'eau ; on a même été jusqu'à mettre une gouttière sous chaque fer, et cela, suivant nous, est raisonnable. Cela permet d'écarter la gouttière suffisamment pour qu'elle se trouve à une température sensiblement pareille à celle de l'endroit couvert ; et, en ce cas, la condensation se fera sur le fer à vitrage directement exposé au refroidissement ; la goutte se formera et tombera dans la gouttière (fig. 490), et l'eau sera ensuite conduite à l'extérieur.

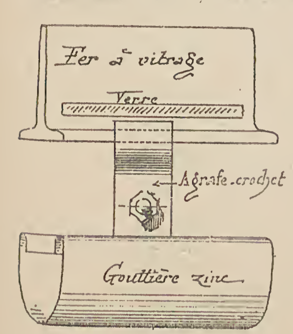


Fig. 490. — Récolteur d'eau de condensation.

C'est de ce principe que sont partis les inventeurs pour éviter les accidents de fuites si fréquents dans les vitreries de toits en récoltant les eaux dans des gouttières parallèles à l'âme du fer et en supprimant complètement le mastic.

La figure 491 représente le système Hardy, analogue à un procédé employé depuis longtemps en Allemagne. Le verre est serré entre deux fers munis de petites rainures dans lesquelles on place un caoutchouc rond. Par le serrage fait au moyen d'une vis en cuivre, le caoutchouc se comprime et forme joint hermétique, laissant toutefois une certaine liberté aux mouvements de la dilatation grâce à ses propriétés élastiques.

Le système de M. Murat (fig. 492) se compose d'un fer

muni de deux gorges destinées à récolter les eaux qui pourraient trouver passage, et à les conduire au dehors. Les ailes du fer sur lesquelles reposent les verres sont garnies en plomb pour adoucir le repos; le verre est, sur sa rive longitudinale, garni d'un solin en zinc collé à la céruse; le tout est recouvert

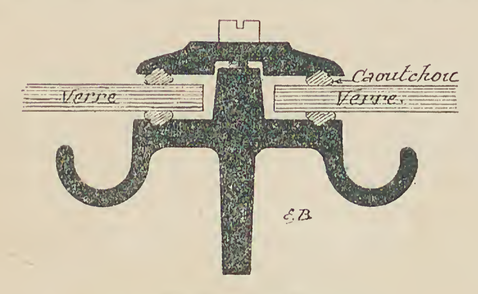


Fig. 491. — Système Hardy.

d'un couvre-joint en plomb fixé de distance en distance par un cavalier en cuivre maintenu par un petit boulon.

La figure 493 représente un système anglais que son inven-

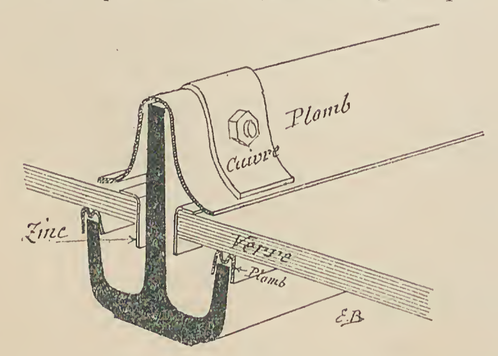


Fig. 492. — Système Murat.

teur appelle « invincible » ; le fer à vitrage ainsi que le couvre-joint, sont faits en cuivre ou en zinc reployé suivant notre dessin. Ce système paraît présenter peu de résistance et semble ne devoir convenir qu'à de très petites portées.

Le système « éclipse » est également anglais (fig. 494). Le petit bois est en acier entièrement habillé d'une enveloppe de plomb mélangé d'étain.

Ces divers systèmes ne conviennent qu'à la vitrerie à ressauts de panne en panne et par verres d'une pièce ; les recouvrements, pratiqués dans la vitrerie avec mastic ne peuvent pas

être faits ; les noues, les arêtiers, les châssis ouvrants, etc., présentent également des difficultés qui n'ont pas encore été aplanies d'une façon pratique.

Le verre est encore employé comme lames de persienne dans

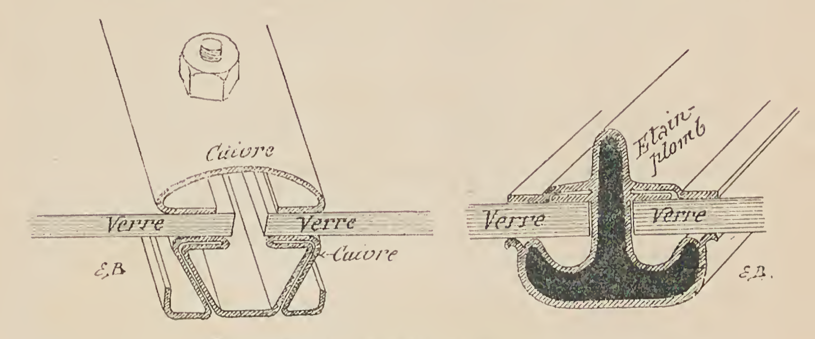


Fig. 493, 494. — Systèmes anglais.

les marchés couverts. Il laisse ainsi pénétrer le jour et l'air, mais s'oppose à l'entrée de la pluie (fig. 495).

A ce sujet, nous nous souvenons avoir proposé, en 1878, à l'occasion d'un concours ouvert pour la construction d'un

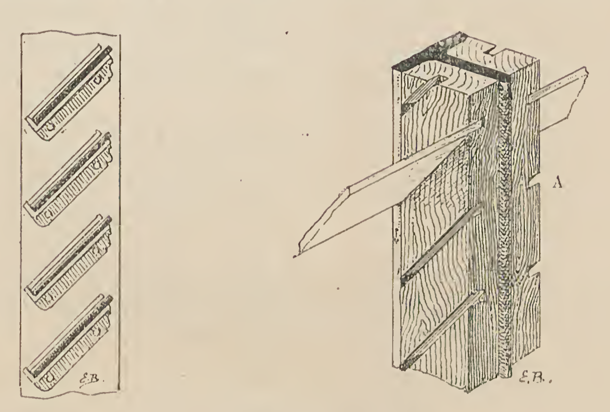


Fig. 495, 496. — Lames de persiennes en verre.

marché couvert à Châlons-sur-Marne, un procédé de montage très simple des lames de verre qui pourra peut-être servir à nos lecteurs.

Ce procédé consistait simplement à garnir les montants en fer T de tringles de bois d'environ $0^{m},03$ sur $0^{m},04$ et dans lesquelles on avait pratiqué auparavant, à la scie mécanique, des

traits que nous indiquons en A dans la figure 496 et dans lesquels on venait glisser les lames de verre qui se trouvaient venir buter contre l'aile du fer T qui les empêchait de descendre.

DIFFÉRENTES ESPÈCES DE VERRE

Le verre dépoli, qui ne laisse pas passer les rayons visuels, mais qui n'est pas réfractaire aux rayons lumineux. On obtient le verre dépoli de plusieurs manières :

La première, en le développant à chaud sur une table enduite de sable ou de plâtre ; on obtient une sorte de verre sablé ;

La seconde, en huilant la surface et en frottant avec un autre morceau de verre ;

La troisième par un frottement au grès ;

Enfin la quatrième, en attaquant franchement le verre avec l'acide fluorhydrique. Par ce dernier procédé on peut obtenir plusieurs tons en rongeant plus ou moins ; il suffit de régler, soit par le temps plus ou moins long, soit par dissolutions, la force de l'acide, et on obtient ces belles glaces gravées que nous admirons dans nos grandes villes.

Ajoutons, au point de vue pratique, qu'on obtient encore le dépoli, mais moins solide, en passant sur le verre une couche de blanc d'argent à l'huile, et en tamponnant avec un tampon de mousseline rempli d'ouate.

Le verres cannelés et striés, qui ne laissent passer les rayons visuels que d'une manière diffuse ; ces verres sont coulés sur des formes qui portent des petits canaux ou des stries en losanges.

Le verre cathédrale, également coulé, et qui imite admirablement une plaque de métal qui aurait été martelée sur une matière peu résistante, le plomb par exemple.

Le verre mousseline, qui présente des dessins formés par l'alternance de parties transparentes et de parties dépolies. Ces dessins s'obtiennent au moyen de poncifs ou pochoirs ; les parties devant rester transparentes sont protégées par un corps isolant, cire ou autre, de l'attaque de l'acide qui produira le dépoli.

Le verre de couleur, qu'on obtient par une addition d'oxydes métalliques. L'oxyde de cobalt calciné et pulvérisé donne le bleu saphir ; le deutoxyde de cuivre donne le bleu

céleste ; le protoxyde de cuivre donne le rouge pourpre ; l'oxyde de chrome donne le vert ; l'oxyde d'uranium donne le jaune serin ; l'oxyde de manganèse donne le violet ; et enfin le chlorure d'argent donne le jaune.

En plus de la pureté de la matière, ce qui différencie la glace du verre est que ce dernier est soufflé, tandis que la glace est coulée. On distingue la glace du verre :

1° Par la régularité plus grande de l'épaisseur ;

2° Par la surface plus unie, qui, éclairée de biais, ne miroite pas comme le verre ;

3° Par les globules qui sont sphériques dans la glace, et ovoïdes très allongées dans le verre par suite du développement

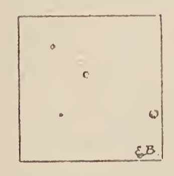


Fig. 497. — Globules dans la glace.

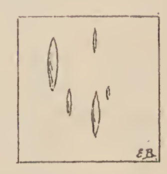


Fig. 498. — Globules dans le verre.

du cylindre sur la lagre : figure 497, globules dans la glace ; figure 498, globules dans le verre.

Très nombreuses sont les formules de composition de glace. Voici, à titre d'exemple, une formule employée à Saint-Gobain :

Sable très blanc et très pur. . . .	300 parties
Carbonate de soude.	100 —
Chaux éteinte à l'air.	43 —
Rognures de glace.	300 —

Ce mélange, fondu en creuset, subit un affinage et une deuxième fusion dans une *cuvette*, creuset plus évasé ; puis il est coulé sur une table en métal qui porte une bordure d'une hauteur égale à l'épaisseur qu'on veut obtenir et qui, en même temps, empêche de déborder la matière vitreuse ; enfin un rouleau de fonte, cylindre de laminoir, passe sur les tringles et donne au verre une épaisseur régulière. Il ne reste plus alors qu'à procéder au polissage, opération qui consiste à frotter la glace avec du sable quartzeux à gros grains, puis du sable fin, et après, de l'émeri pulvérisé délayé dans une grande quantité d'eau.

Étamage. — L'étamage se fait au mercure ou à l'argent ;

beaucoup d'autres procédés ont été essayés, mais n'ont jusqu'à présent donné que des résultats incertains.

L'étamage au mercure se fait au moyen d'un amalgame d'étain. On étend sur un marbre placé de niveau une feuille d'étain de la dimension de la glace ; on pose ensuite dessus une couche de mercure d'environ 5 millimètres d'épaisseur. La glace, préalablement polie, est posée dessus et chargée uniformément pour presser sur le mercure ; on incline pour faire couler, et l'amalgame qui reste adhérent à la glace est composé d'environ quatre d'étain et un de mercure.

Cette méthode demande un temps considérable ; aussi a-t-on appliqué d'autres procédés d'étamage au mercure beaucoup plus expéditifs, mais qui donnent un tain dont l'adhérence est moindre.

Les recherches faites pour étamer à l'argent ont eu surtout pour but d'éviter les dangers qu'offre pour la santé des ouvriers l'emploi des amalgames mercuriels. Le problème est maintenant résolu et la plus grande partie des glaces est étamée à l'argent.

Les glaces étamées d'applique doivent toujours être posées sur un assemblage de bois mince qu'on nomme parquet. Entre ce parquet et la glace on intercale un fort molleton qui protège l'étamage contre l'humidité.

Verres dalles. — Pour éclairer les grands sous-sols, les corridors, passages ou pièces sans jour, on emploie les planchers en verres-dalles ou planchers lumineux ; les dalles qui se déposent promptement et laissent passer le jour sans permettre de distinguer les objets et sont aussi peu favorables au glissement que le marbre. On les emploie dans des endroits très fréquentés et même à l'extérieur.

Les manufactures de glaces coulent des dalles dont l'épaisseur varie de 0m,015 à 0m,035 et plus et de longueurs et largeurs quelconques.

Les dalles, dont la dimension moyenne est d'environ 0m,30 de côté, sont coulées en pavés tout prêts à mettre en place dans le châssis métallique, ou coupées dans de grandes plaques.

Les dalles en verre ne portant pas sur une aire comme les autres dallages, puisqu'elles doivent laisser passer la lumière, se placent dans un châssis à compartiment construit en fer T avec encadrement de cornière (fig. 499, 500, 501).

Ce châssis est divisé en carrés, rectangles, losanges, ou toute autre figure par des fers à feuillure assemblés les uns sur les autres au moyen de pattes coudées ou rapportées ; l'ensemble

du châssis se pose à quelques millimètres en contre-bas du niveau du parquet ou du sol.

Le châssis posé, on y place les dalles de différentes manières: A bain de mastic avec cales en bois pour éviter l'écrasement de cette matière, qui est plastique quand on l'emploie et qui durcit lentement. C'est cette disposition que représente le croquis précédent (fig. 499).

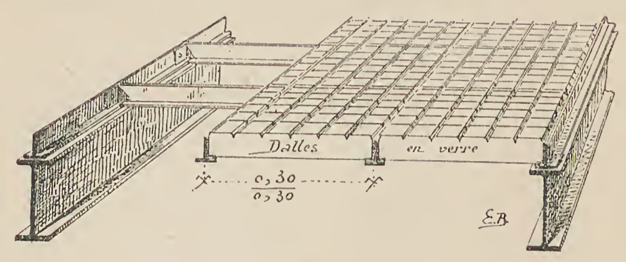


Fig. 499. — Dallage éclairant.

On remplit les joints en ciment de Portland, en mastic à l'huile, de fontaine; pour l'extérieur on peut couler du brai ou de l'asphalte dans les joints.

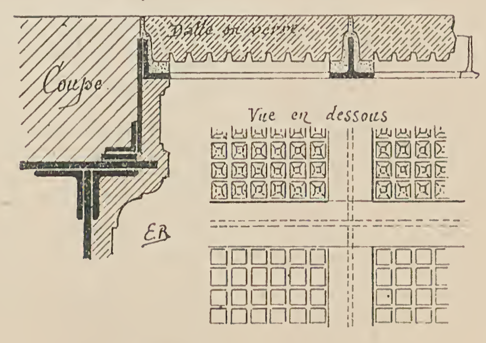


Fig. 500, 501. — Dallage en verre.

Un autre moyen de poser les dalles consiste à composer de quatre petits tasseaux coupés d'onglet un cadre qu'on pose sans assemblage en fond de feuillure; ces tasseaux peuvent être profilés et contribuer à la décoration des petits caissons formés par le dallage. Le calfeutrement des joints se fait de la même manière que pour le précédent, en employant la substance qui se prête mieux au but à atteindre

Les dalles en verre sont parfois striées ou losangées pour éviter le glissement.

VITRAUX

On nomme vitrail une surface formée de divers panneaux de verres de couleur.

Dans les premiers temps, le vitrail était une sorte de mosaïque transparente, le dessin, ou plutôt les compartiments, étaient obtenus par la juxtaposition d'éléments, de diverses nuances ; c'est le point de départ de la peinture sur verre.

Au VIe siècle, les verres de couleur sont d'abord enchâssés dans la pierre, le marbre et le bois. On commence bientôt à les monter en plomb, et c'est surtout au XIIIe siècle que le vitrail atteint son plus haut point de splendeur.

Laissant de côté la partie artistique que nous avons traitée dans notre *Histoire des styles d'architecture*, nous nous occuperons de la mise en plomb, et des châssis et tringles de protection.

Pour la mise en plomb, on emploie de petites triangles dont la section rappelle celle de nos fers à double T (502, 503, 504, 505).



Fig. 502, 503, 504, 505.
Plombs pour vitraux.

Le travail varie suivant le dessin. Quand celui-ci offre une certaine complication, et commence par sertir séparément les éléments principaux qu'on viendra ensuite réunir par les plombs secondaires et on soude au fur et à mesure.

Les panneaux ainsi obtenus sont très flexibles. « Il est clair, dit M. Viollet-le-Duc, que ces panneaux ne peuvent dépasser certaines dimensions, puisqu'ils doivent résister à la poussée du vent. La mise en plomb laisse une élasticité très nécessaire à la conservation de ces panneaux. Le compositeur verrier doit tenir compte de ces éléments matériels de l'œuvre. Ce sont des conditions non moins impérieuses que celles imposées par la lumière et l'optique. Ce sont des conditions de solidité, de durée, et qui, par cela même, doivent influer sur la conception de l'artiste et dont il s'aide, s'il est habile. Les armatures de fer dessinent les grandes divisions décoratives et donnent l'échelle de l'objet, chose plus utile qu'on ne le pense généralement. Les plombs accusent le dessin et séparent les couleurs par un trait ferme, condition nécessaire à l'effet harmonieux des tons translucides (fig. 506). »

Les progrès accomplis par l'industrie ont permis de remplacer souvent le coûteux travail des vitraux. De tout temps on a employé ce moyen qui consiste à peindre sur verre sans

cuisson et à protéger cette peinture par un deuxième verre incolore.

Un nouveau procédé, la « cristallographie », qu'on appelle aussi « vitraux diamantés », consiste en une peinture plus ou moins importante comme décoration faite au moyen de couleurs spéciales indécomposables fixées ensuite par une cristallisation de verres pilés les rendant absolument inaltérables.



Fig. 506. — Vitrail monté en plomb.

Un double verre maintient cette cristallisation et une bandelette de caoutchouc, pour obtenir une plus grande herméticité entre les deux verres, les garantit absolument de l'action de l'air, de la pénétration de toute poussière ou corps étranger, tout en empêchant la condensation.

Pour les *serres et jardins d'hiver*, ce procédé de cristallisation avec double vitrage peut être appliqué avec ou sans décoration et dispense de claïes pendant l'été, car il produit la diffusion des rayons solaires sans en enlever l'effet ; il supprime les paillassons en hiver, le carreau intérieur n'étant plus exposé à la température du dehors le refroidissement inévitable du verre est considérablement diminué par les deux vitrages et la couche de cristaux qu'ils contiennent.

On trouve dans le commerce un grand nombre de produits imitant les vitraux. Un des plus simples nous paraît le vitrail adhésif Levens qu'un simple collage rend adhérent au verre.

CHAPITRE VII

CHARPENTE EN BOIS

Assemblages simples. — Entures diverses.

Assemblages divers. — Tenon. — Mortaise. — Queues. — Assemblages d'angle, à embrèvement, à épaulement, à mi-bois. — Moises.

Assemblages des poutres composées. — Définitions. — Formules. — Renforcement par doublage. — Poutres à jour. — Poutres américaines. — Poutres sous-bandées.

Planchers en bois. — Solives. — Solives d'enchevêtrure. — Trémies de foyer à feu. — Assemblage des solives sur poutres. — Faux planchers. — Protection des bois. Consolidation. — Poids de divers planchers. — Équarrissage des bois de plancher. — Surcharges des planchers. — Ferrure des planchers.

Pans de bois. — Usages en France. — Tour du chat. — A l'étranger. — Colombages. — Composition d'un pan de bois. — Équarrissage des pièces. — Ferrure des pans de bois.

Remplissage des pans de bois. — En plâtras et plâtre, en brique.

Escaliers en bois. — Marches. — Profils de marches. — Marches apparentes en dessous. — Plafonnage. — Limons en bois. — Echiffre. — Profils de limons. — Noyaux. — Rampes. — Pilastres. — Mains courantes. — Ferrure d'un escalier.

Charpentes de combles. — Arbalétriers. — Arétiers, noues. — Entraits ou tirants. — Poinçons. — Contre-fiches. — Aisseliers. — Jambes de force. — Blochets. — Faîtages. — Lierne. — Lien. — Pannes. — Echantignoles. — Chevrons. — Sablière. — Moises.

Pentes des combles. — Suivant divers matériaux. — Poids des toitures. — Surcharge. — Tables diverses.

Différentes formes de combles. — Appentis. — Combles à deux versants. — Comble ordinaire. — Comble polygonal. — Comble avec lanterneau. — Comble avec plancher suspendu. — Comble cintré. — Comble sur poteaux. — Comble Shed. — Comble à la Mansard. — Du roulement. — Combles coniques, pyramidaux, en coupole. — Flèches. — Hangars économiques. — Équarrissage des pièces. — Ferrure des combles.

On appelle charpente en bois l'ensemble des procédés qui constituent l'art de tailler et d'assembler les bois destinés aux ouvrages de construction.

Les divers ouvrages de charpente peuvent se classer de la manière suivante :

Assemblages simples;
Assemblages divers;
Assemblages de poutres;
Assemblages de poutres armées;
Planchers en bois;
Escaliers en bois;
Pans de bois;
Charpentes de combles.

Assemblages simples, allongement ou enture des bois. — Le charpentier ne dispose pas toujours d'éléments suffisamment longs pour couvrir des portées parfois considérables; il faut qu'il appelle l'art à son secours.

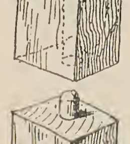




Fig. 507. Enture à goujon.



Fig. 508. Enture à clameaux.

Un des premiers problèmes consiste donc à allonger une pièce de bois, et pour cela on s'y prend de différentes façons :

1° L'enture bout à bout (fig. 507), qui ne peut convenir que lorsqu'on n'a à craindre aucun glissement, et encore est-il prudent de réunir les deux pièces au moins par un goujon ;

2° L'enture avec clameaux (fig. 508). Les clameaux sont des pièces de fer avec deux pointes dont l'inclinaison permet d'opérer le serrage (fig. 509).

3° L'enture de deux bois également bout à bout et réunis par des plates-bandes en fer boulonnées (fig. 510).



Fig. 509. — Clameau.

4° L'enture à mi-bois avec coupes d'équerre et boulons de serrage (fig. 511);

5° L'enture en fausse coupe avec épaulements droits et boulons de serrage (fig. 512); la même se fait aussi avec plates-bandes;



Fig. 510. Enture à plates-bandes

6° L'enture au moyen du trait de Jupiter oblique avec serrage par clef (fig. 513) et avec boulons (fig. 514);

7° Il y a enfin des entures fort compliquées et pour lesquelle il nous suffira de donner les figures 515, 516, 517, 518.

Assemblages divers. — L'assemblage dans la charpente se fait presque toujours par *tenon* et *mortaise;* nous allons

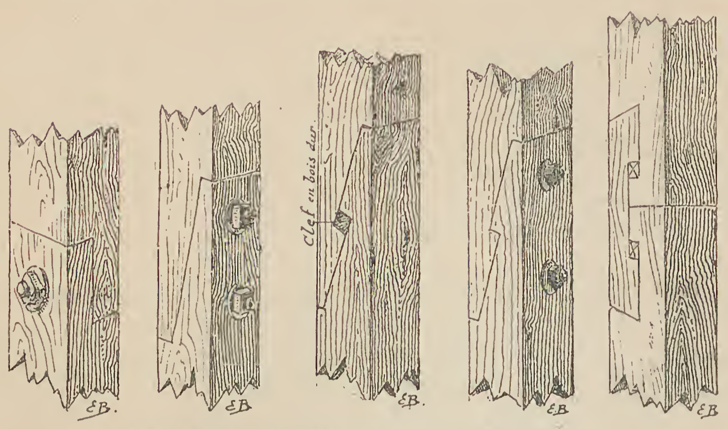


Fig. 511, 512, 513, 514, 515. — Entures diverses.

donc examiner ces deux éléments avant d'entrer plus avant dans les différents modes d'assemblage. Le *tenon* est une partie de bois laissée à l'extrémité d'une pièce et destinée à pénétrer dans un trou appelé mortaise pratiqué dans une autre pièce de bois

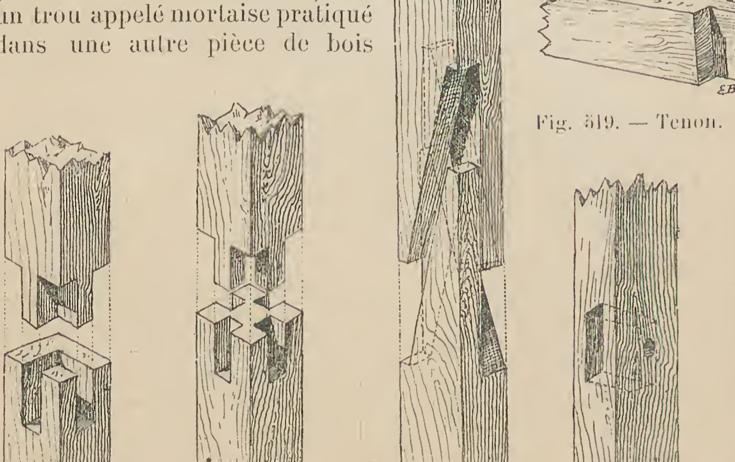


Fig. 519. — Tenon.

Fig. 516, 517, 518. — Entures diverses. Fig. 520. — Mortaise.

(fig. 519). La *mortaise* est le trou creusé dans une pièce sur laquelle doit venir s'assembler celle qui porte le tenon (fig. 520).

Le tenon est ordinairement égal au tiers de l'épaisseur du bois, la mortaise doit représenter en creux la même forme et les mêmes dimensions que le tenon; cependant, pour permettre l'entrée facile de ce dernier, on donne ordinairement une profondeur un peu plus grande.

L'assemblage à tenon et mortaise est complété par une cheville qui sert à maintenir les pièces en joint, surtout pendant le levage ou mise en place des charpentes, mais qui ne doit jamais être considérée comme moyen d'attache, comme élément résistant; c'est à la combinaison de la charpente qu'on doit demander la stabilité.

Le même genre d'assemblage se fait aussi avec plusieurs tenons et mortaises, tous traversés par la même cheville.

Quand la pièce portant tenon est horizontale, on lui donne parfois un repos qui est un embrèvement (fig. 521).

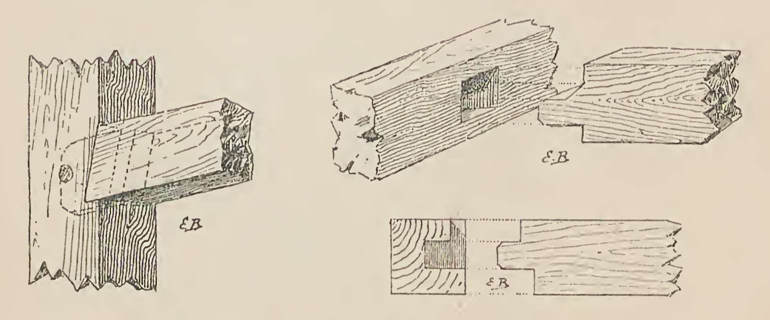


Fig. 521, 522, 523. — Assemblages à tenon et mortaise.

Pour chevêtres, les tenons se trouvent à plat, afin de moins affaiblir les solives portant la charge totale, et affectent les formes que nous indiquons (fig. 522, 523, 524, 525).



Fig. 524, 525. — Assemblages sur chevêtres.

Dans les *assemblages suspendus* les tenons et mortaises sont complétés par une clef (fig. 526), les tenons sont simples ou multiples comme dans les cas précédents. Quand il s'agit de pendre une certaine charge à une aiguille ou poinçon, on doit recourir à l'étrier en fer assemblé à boulons (fig. 527).

On fait aussi des assemblages dits à *queues*, *queues d'aronde*

ou *queues d'hironde*, dans lesquels le tenon a la forme d'une queue d'hirondelle ou encore d'une queue de poisson. L'épais-

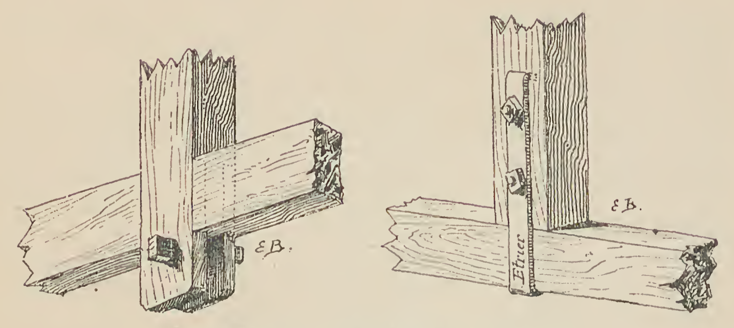


Fig. 526, 527. — Assemblages suspendus.

seur de la queue d'hironde est égal à la demi-épaisseur du bois; l'entaille et la queue se font de deux manières différentes,

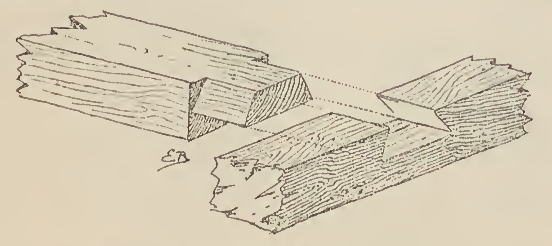


Fig. 528. — Assemblage à queue.

suivant la façon dont l'assemblage doit travailler. Si par exemple il s'agit d'assembler une pièce horizontale sur une

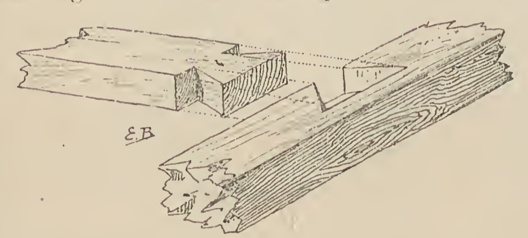


Fig. 529. — Assemblage à queue.

pièce verticale fixe, on emploiera le mode de coupe indiqué (fig. 528); si au contraire on a besoin de pouvoir soumettre la pièce portant tenon à un effort de traction, on devra prendre le deuxième tracé que nous indiquons (fig. 529); l'assemblage à

queue que nous représentons est le plus simple, les combinaisons varient à l'infini, mais toujours en compliquant le travail.

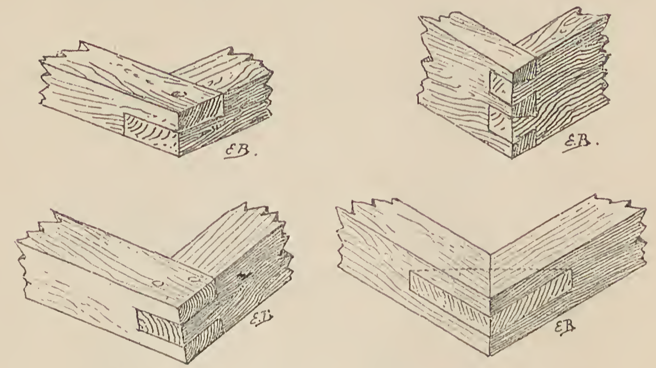


Fig. 530, 531, 532, 533. — Assemblages d'angles.

Les assemblages d'angles se font à mi-bois (fig. 530), à queues (fig. 531), à tenons (fig. 532) et à onglet (fig. 533).

Les assemblages à embrèvement sont parfois faits sans tenons, par exemple dans le cas où la pièce assemblée est

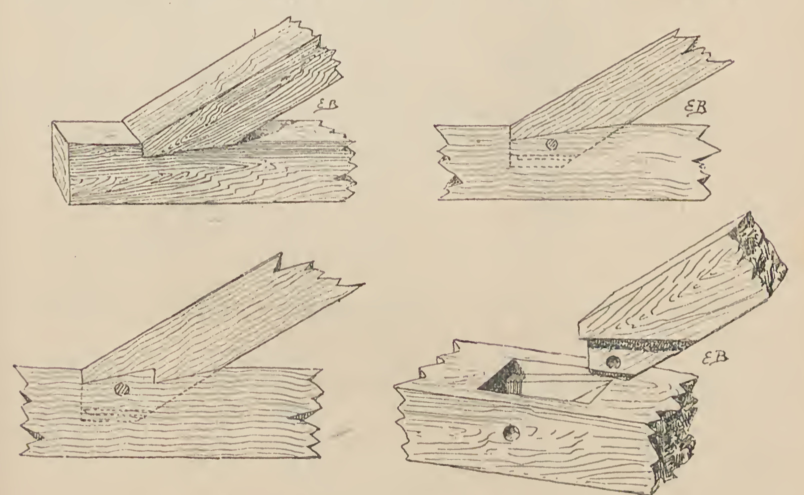


Fig. 534, 535, 536, 537. — Assemblages à embrèvement.

toujours soumise à une compression et qu'aucun effort ne viendra la solliciter de sortir de la simple entaille où elle bute (fig. 534), et qu'on appelle *épaulement ;* l'assemblage avec tenons est le plus fréquent et on fait l'embrèvement à simple

ou double épaulement suivant les figures 535, 536 ; quand la pièce portant tenon est d'un moindre équarrissage que celle sur laquelle elle vient s'assembler, elle présente la disposition que nous indiquons (fig. 537).

Les assemblages à mi-bois offrent une très grande variété. Les plus simples sont ceux dans lesquels les pièces sont entaillées par lignes droites (fig. 538), ou biaises (fig. 539).

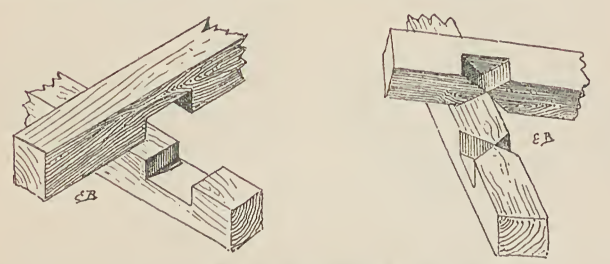


Fig. 538, 539. — Assemblages à mi-bois.

Les *moises*, comme nous le verrons bientôt, forment un élément important de la charpente. Ce sont deux pièces jumelles qui embrassent une autre pièce de bois obliquement ou d'équerre ;

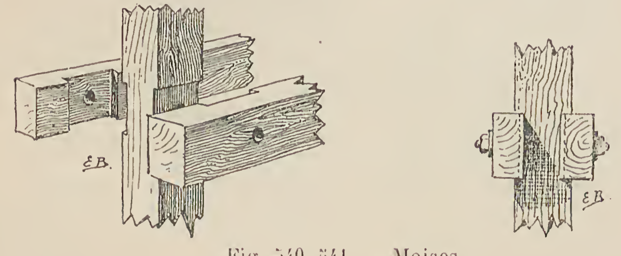


Fig. 540, 541. — Moises.

ces deux pièces sont entaillées et boulonnées ensemble (fig. 540, 541).

Assemblage des poutres composées. — Il arrive fréquemment que les échantillons de matériaux dont on dispose sont insuffisants comme force et comme longueur, on est alors obligé de renforcer la section et, comme on va le voir, on peut obtenir des pièces indéfiniment longues.

Les différentes pièces composant ces poutres sont assemblées entre elles par des crans ou endents avec ou sans clefs et serrées avec des boulons.

La hauteur ordinaire de ces poutres est par rapport à leur longueur environ $\frac{1}{12}$; la longueur des crans égale la hauteur

de la poutre et doivent être tracés en se tenant dans une ligne prenant au tiers inférieur pour les extrémités et au tiers supérieur pour le milieu (fig. 542, 543, 544, 545, 546).



Fig. 542, 543, 544, 545, 546. — Poutres composées.

« Pour augmenter la résistance de ces poutres jumellées, dit M. Wanderley, et pour qu'elles ne prennent pas trop de flèche, une fois chargées, on leur donne un léger cambre. Cette cambrure varie entre $\frac{1}{60}$ et $\frac{1}{100}$ de la portée. On la produit en appuyant le milieu de la poutre sur un point fixe, tandis que ses extrémités sont pressées à terre au moyen de crics. A cet effet, on scelle dans le sol deux forts cadres en charpente contre lesquels les crics viennent buter.

La poudre reste ainsi fléchie jusqu'à ce que les trous soient percés et les boulons mis en place. Les crans devant se joindre d'une manière parfaite, on dresse soigneusement leurs faces de contact.

On voit, par la description qui précède, que la construction de ces poutres jumellées exige beaucoup de soins et qu'elle ne peut être confiée qu'à des ouvriers habiles.

Afin d'obtenir des résultats satisfaisants, tout en simplifiant le travail, on adopte quelquefois le mode de construction suivant : on laisse un peu de jeu entre les épaulements des divers crans et on les remplit après coup en y chassant des clefs en bois dur ou en fer. Ce procédé obvie à l'inconvénient d'une iné-

galité dans la dimension des crans des deux pièces à juxtaposer. Les clefs sont chassés avec force pendant que la poutre se trouve encore fléchie sur le chantier. En pratique, c'est toujours la poutre jumellée à clefs que l'on emploie, même quand on peut compter sur une exécution soignée.

Construites avec toutes les précautions voulues, ces poutres ont une résistance égale aux trois quarts de celles d'une poutre de même section, formée d'une seule pièce.

La formule servant au calcul d'une pièce de bois rectangulaire faisant fonction de poutre, peut s'écrire :

$$P = K \times \frac{bh^2}{l}$$

b base du rectangle.
h hauteur du rectangle.
P charge unique placée au milieu de la portée.
l portée de la poutre.
K coefficient numérique dépendant du coefficient de résistance.

Donc, pour une poutre jumellée :

$$P = \frac{3}{4} K \times \frac{BH^2}{l}$$

Pour que celle-ci présente la même résistance que la poutre simple, il faut, pour une même charge (P) et une même portée (l), que l'on ait :

$$\frac{3}{4} BH^2 = bh^2$$

Si les sections sont semblables, c'est-à-dire si les côtés ont entre eux le même rapport, $\frac{7}{5}$ par exemple, on a :

$$\frac{H}{B} = \frac{h}{b} = \frac{7}{5}$$

Et alors :

$$\frac{3}{4} H^3 = h^3$$

ou

$$1,44\ H = 1,59\ h.$$
$$H = 1,1\ h$$

On voit donc que pour une même portée et des sections semblables, la poutre jumellée doit avoir au moins 1,1 fois la hauteur de la poutre simple pour représenter autant de résis-

[1] Les lettres capitales correspondent à une poutre composée de deux pièces.

tance qu'elle. En général, on prend même un coefficient supérieur, soit de 1,1 à 1,3.

Chaque joint se recouvre d'une bande de fer et les abouts des parties jumellées sont séparés par une mince feuille de plomb, afin que les bois ne pressent pas directement l'un sur l'autre. »

Renforcement par doublage. — Sur une tête de poteau

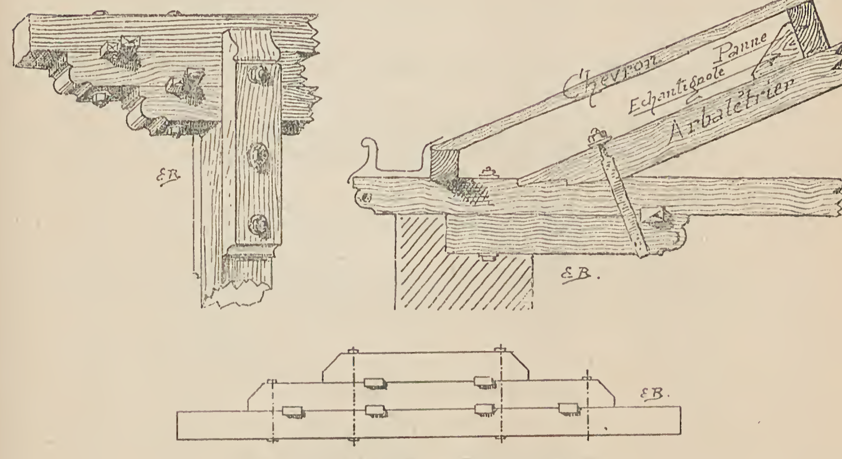


Fig. 547, 548, 549. — Renforcements.

on peut renforcer la poutre au moyen d'un chapeau simple ou double (fig. 547). La même disposition est applicable encore aux retombées d'arbalétriers (fig. 548) ou au soulagement des poutres (fig. 549).

Poutres armées à jour. — La plus simple combinaison

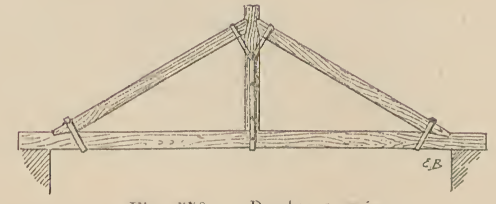


Fig. 550. — Poutre armée.

consiste à soulever le milieu d'une poutre au moyen d'un poinçon qui, par deux décharges, reporte le poids sur les points d'appui (fig. 550).

Une autre poutre à jour est la poutre en N, dite aussi *américaine*, ou encore *poutre à treillis*, quoique cette dernière

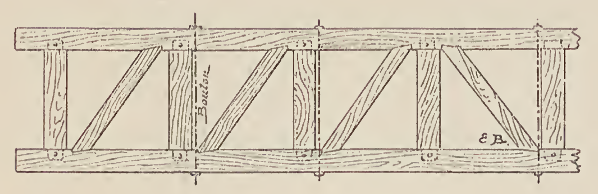


Fig. 551. — Poutre à treillis.

appellation soit plutôt appliquée aux poutres métalliques (fig. 551).



Fig. 552. — Poutre sous-bandée.

La **poutre sous-bandée** la plus rationnelle à notre époque où le fer est à notre disposition (fig. 552).

PLANCHERS EN BOIS

Les planchers en bois sont de véritables pans de bois horizontaux, comme ceux métalliques sont des pans de fer.

Ils servent à séparer les différents étages d'une construction et en supportent les aires ou parquets. Ils se composent de trois parties principales :

Le plafond ; la charpente proprement dite ; le parquet ou carrelage.

Les solives en bois ne peuvent être scellées dans un mur mitoyen parce que, sujettes à pourrir et étant donné la faible distance qui les sépare, elles coupent le mur horizontalement et peuvent être cause d'accidents très graves ; on a seulement droit de sceller les poutres maîtresses portant solivage. De plus, les tuyaux de fumée doivent toujours être éloignés des bois de $0^{m},16$, mesure prise de l'intérieur du tuyau jusqu'au bois. Dans la pratique on compte toujours $0^{m},20$.

Il y a trois espèces de planchers en bois différenciées par la construction particulière à chacune :

La première est la plus simple, le plancher est composé de solives portant de $0^{m},20$ environ sur les murs et espacées parallèlement d'axe en axe de $0^{m},25$ à $0^{m},40$ environ, suivant l'équar-

rissage des solives, leur portée, et le poids dont doit être chargé le plancher (fig. 553).

Mais cette manière ne convient pas dans certains cas, où les murs portant les solives sont percées de baies passantes, ou que sur des baies ordinaires, les linteaux sont insuffisants ou encore que les murs sont mitoyens. On est alors forcé d'employer des solives d'*enchevêtrure*, c'est-à-dire une sorte de poutre appuyée sur deux autres et portant elle-même un certain nombre de solives. Une bonne construction est de soulager le chevêtre sur mur mitoyen par des corbeaux en pierres ou en fer (fig. 554, 555). Quand la solive

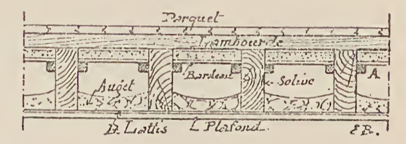


Fig. 553. — Plancher en bois.

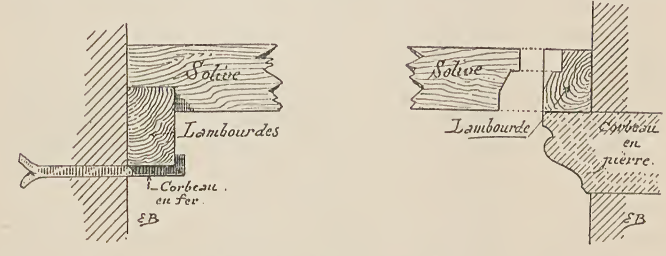


Fig. 554, 555. — Chevêtres.

d'enchevêtrure est solidement assise, le plancher complet est d'autant plus sain, parce que c'est presque toujours dans les scellements que les bois périssent.

Au droit des cheminées il faut réserver une partie pour l'âtre, dans laquelle le bois doit être remplacé par une paillasse en fer, c'est ce qu'on appelle une *trémie* (fig. 556).

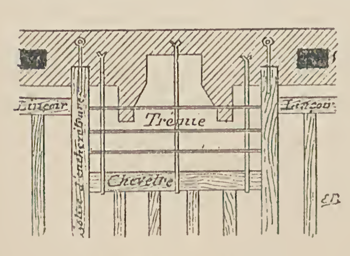


Fig. 556. — Trémie.

Si l'écartement des murs d'appui est trop grand, plus de 6 mètres par exemple, on réduit la portée des solives en les faisant porter au milieu sur une poutre ou forte pièce de charpente. Cette poutre, si elle peut faire saillie en dessous et former soffite, portera les solives qui seront amenées bout à bout (fig. 557) ou chevauchées pour leur donner plus de portée (fig. 558).

Mais on ne peut pas toujours laisser la poutre apparente, et si bien décoré qu'il soit, un soffite est toujours une coupure

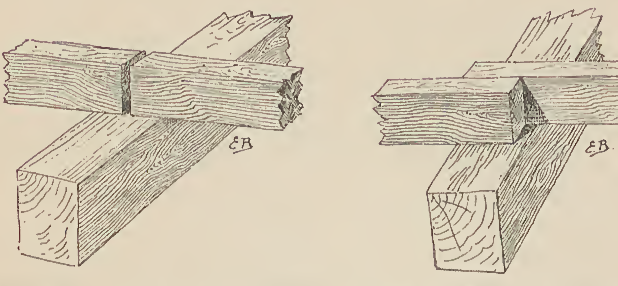


Fig. 557. — Solives bout à bout. Fig. 558. — Solives chevauchées.

que, dans certaines pièces, un salon par exemple, on ne saurait tolérer ; alors on cherche à dissimuler la poutre dans l'épais-

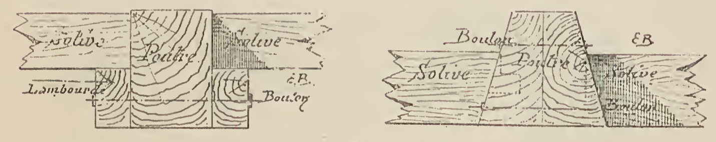


Fig. 559, 560. — Solives assemblées.

seur du plancher et cela amène naturellement à assembler le solivage latéralement à la poutre au lieu de le faire reposer dessus. En voici plusieurs exemples (fig. 559, 560, 561).

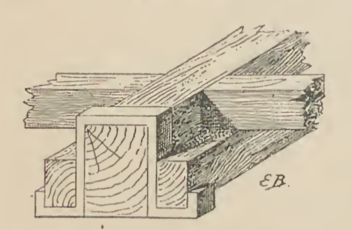


Fig. 561. — Solives assemblées.

Nous avons dit que les solives devaient reposer d'environ $0^{m},20$ sur les murs ; les poutres demandent au moins $0^{m},25$ et, quand il est possible, il est bon de les soulager encore en plus par un corbeau ou console en pierre de taille qui traverse le mur.

L'intervalle des solives composant un plancher est garni de différentes manières que nous dessinons dans le tableau ci-dessous : « Poids par mètre des divers systèmes de planchers. » Mais le plus fréquemment employé est celui que nous représentons figure 553. Pour établir ce plancher, on cloue sur les solives des liteaux de $0{,}04 \times 0{,}04$ environ, en A ; puis on cloue un lattis en b sur lequel on plafonne en formant les augets indiqués : ensuite, sur les liteaux on vient poser des bardeaux ou des vieilles planches coupées à la longueur d'un entre-solivage et on

hourde en plein, en plâtre ou en mortier ; on vient ensuite par-dessus poser un carrelage ou un parquet.

D'après Rondelet, les solives d'un plancher simple doivent avoir 1/24 de leur portée et une largeur de 1/4 moindre. Mais il est bien préférable de soumettre chaque cas au calcul ou de se servir des données contenues dans les tableaux que nous donnons au chapitre *Résistance des matériaux*.

Le plancher haut du dernier étage d'une maison, destiné seulement à être plafonné, prend le nom de *faux-plancher*. Il est généralement construit en bastings de 6 × 17 et même souvent en planches posées sur champ.

Nous empruntons à M. G. Oslet les lignes suivantes concernant les moyens employés pour éviter la pourriture des bois ;

« Quand on est obligé de sceller les solives et les poutres dans les murs, il faut prendre toutes les précautions pour éviter la pourriture. On a employé divers moyens, soit en enduisant d'argile l'extrémité de chaque solive ou de chaque poutre, soit en y mettant une ou deux couches de peinture au minium, d'huile, de goudron ou de soufre, soit en enduisant les deux extrémités de la pièce de bois d'une chape en plâtre (ne pas employer la chaux qui altère le bois), soit en entourant chaque extrémité d'une feuille de plomb ou de zinc ou même d'un coffrage en bois, etc. On pourrait aussi serrer à sec les bouts des solives entre les pierres. Tous ces moyens n'offrent pas encore une sécurité absolue, soit parce qu'ils n'empêchent pas suffisamment l'humidité des murs d'atteindre le bois, soit parce qu'ils s'opposent à l'exudation de celle dont ils sont naturellement imprégnés. Il faut, pour arriver à un bon résultat, isoler, autant que possible, les extrémités des pièces de bois.

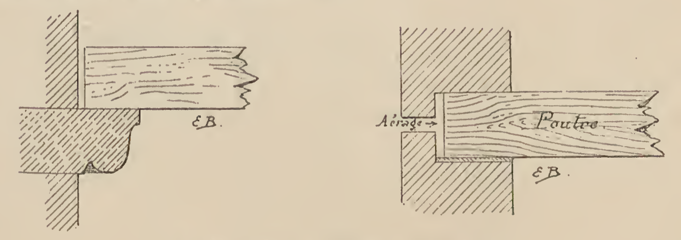


Fig. 562, 563. — Portées de poutres.

Pour les poutres, ce qu'il y a de plus simple, lorsque cela est possible, c'est de les faire reposer sur des corbeaux en pierre ou en métal scellés dans les murs, en les tenant de 4 à 5 centimètres plus courtes que la distance qui sépare le mur, comme le montre le croquis (fig. 562). On peut même, dans ce cas, isoler

le bois de la pierre en mettant, sous la poutre, une couche de bitume, de soufre, ou en interposant une feuille de zinc ou de plomb. Si, par suite de la décoration intérieure, il est impossible de placer des corbeaux et qu'il y ait nécessité absolue d'introduire des poutres dans les murs, on réserve alors, dans les parements intérieurs des murs, de petites niches qu'on fait en tous sens un peu plus grandes qu'il ne faut pour y loger le bout des poutres. On forme ainsi, comme le montre la figure 563, une petite chambre à air. Il faut avoir soin de faire communiquer cette chambre avec l'air extérieur à l'aide d'un petit conduit dissimulé dans la façade et fermé par une toile métallique ou de toute autre manière s'arrangeant avec la décoration extérieure : un carreau de faïence à jour, par exemple. »

CONSOLIDATION DES PLANCHERS EN BOIS

Le bois, avons-nous dit, se corrompt promptement, les vers l'attaquent, et nous avons souvent constaté, dans les planchers en bois, que les portées encastrées étaient entièrement vermoulues ; il se produit alors des affaissements dans les planchers qui peuvent aller jusqu'à la rupture et causer de graves accidents.

Voici un moyen de consolidation que nous avons pratiqué et que nous croyons utile de décrire ici :

On dégage la solive défectueuse dans sa partie encastrée, on l'étaye à $0^{m},80$ environ et on coupe proprement le plafond au droit de la solive sur $0^{m},30$, enfin en dégradant le moins possible.

Ces solives, qui sont ordinairement des bastings ou des madriers, ont de $0^{m},065$ à $0^{m},075$; on prend un fer U de $0^{m},50$ de longueur et $0^{m},08$ ou $0^{m},10$ de largeur, suivant celle de la solive, et percé d'un ou deux trous ; on l'introduit en dessous, de manière à ce que la solive qu'on veut consolider remplisse le canal formé par le fer U, puis on fixe la partie saine du bois au fer U par un tire-fond et on scelle la partie de ce fer destinée à remplacer le bois corrompu dans la profondeur de la portée.

Fer U et tire-fond sont noyés dans l'épaisseur de l'enduit du plafond. On a soin de les peindre, pour éviter l'oxydation qui ne manquerait pas de se produire.

POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE DIVERS SYSTÈMES DE PLANCHERS

Bois (d'après T. Seyrig).

(Surcharge à compter en plus.)

DÉSIGNATION DES PLANCHERS et GENRE DE CONSTRUCTION	POIDS EN KILOG. PAR MÈTRE CARRÉ				
	à 0^{m},50	à 0^{m},90		à 1^{m},20	
	Solives de 8 × 22	Solives de 20 × 25	Solives de 25 × 30	Solives de 20 × 25	Solives de 25 × 30
Parquet en bois sur solives. Fig. 564.	Sapin 38^{k} Chêne 56^{k}	Sapin 45^{k} Chêne 60^{k}	Sapin. 56^{k} Chêne 80^{k}	Sapin 41^{k} Chêne 55^{k}	Sapin 48^{k} Chêne 65^{k}
Parquet sur solives avec entrevous, voliges et moulures. Fig. 565.	Sapin 47^{k} Chêne 80^{k}	Sapin 92^{k} Chêne 122^{k}	Sapin 115^{k} Chêne 142^{k}	Sapin 85^{k} Chêne 112^{k}	Sapin 105^{k} Chêne 132^{k}
Parquet sur solives avec entrevous sur voliges et enduit général en plâtre. Fig. 566.	»	280^{k}	330^{k}	305^{k}	375^{k}
Plancher sur aire en plâtras ou argile battue, sur voliges et solives en bois. Fig. 567.	»	200^{k}	230^{k}	200^{k}	210^{k}

CHARGES VARIABLES OU SURCHARGE DES PLANCHERS

CHARGES DES PLANCHERS DE	KILOGRAMMES par MÈTRE CARRÉ
Chambres habitées	152
Salles de danse	400
Greniers à foin	406
Greniers à blé	457
Magasins de marchandises	760
Magasins à sel	600
Magasins à papiers	1 000
Salles de réunions (foule)	400

Les épaisseurs des planchers peuvent être plus réduites quand la portée est moins grande, mais en moyenne il faut toujours compter de $0^m,25$ à $0^m,32$.

ÉQUARRISSAGE DES BOIS DE PLANCHERS (*d'après Bullet*).

Poutres de	$3^m,90$	$0^m,27$	de largeur sur	$0^m,32$	de hauteur
—	$4^m,87$	$0^m,30$	—	$0^m,36$	—
—	$5^m,85$	$0^m,33$	—	$0^m,40$	—
—	$6^m,82$	$0^m,35$	—	$0^m,44$	—
—	$7^m,80$	$0^m,37$	—	$0^m,48$	—

Solives de sciage de $2^m,92$ à $4^m,87$ (écartement suivant charge), $0^m,14$ de largeur sur $0^m,19$ de hauteur.

Solives de sciage de $5^m,85$ (écartement suivant charge), $0^m,25$ de largeur sur $0^m,25$ de hauteur.

Solives de sciage de $7^m,80$ à $8^m,12$ (écartement suivant charge), $0^m,24$ de largeur sur $0^m,27$ de hauteur.

Solives de sciage de $8^m,77$ (écartement suivant charge), $0^m,27$ de largeur sur $0^m,30$ de hauteur.

Solives de brin de $2^m,92$ à $4^m,87$ (écartement suivant charge), $0^m,14$ de largeur sur $0^m,19$ de hauteur.

Ferrure d'un plancher. — La ferrure d'un plancher en bois se compose : de la *trémie* ou partie de plancher métallique que l'on fait au droit de l'âtre de la cheminée (fig. 568) et qui comprend : les chevêtres (C) dont nous donnons le détail (569, 570), et qui supportent les fentons (*f*) à pattes fixés à vis ou clous sur l'enchevêtrure ; ces fentons sont en fer de 14 millimètres de côté ; les étriers (E) (fig. 571, 572) qui supportent les chevêtres sur les enchevêtrures ; les queues de

carpes (Q) (fig. 573, 574) qui servent à chaîner les pièces d'une

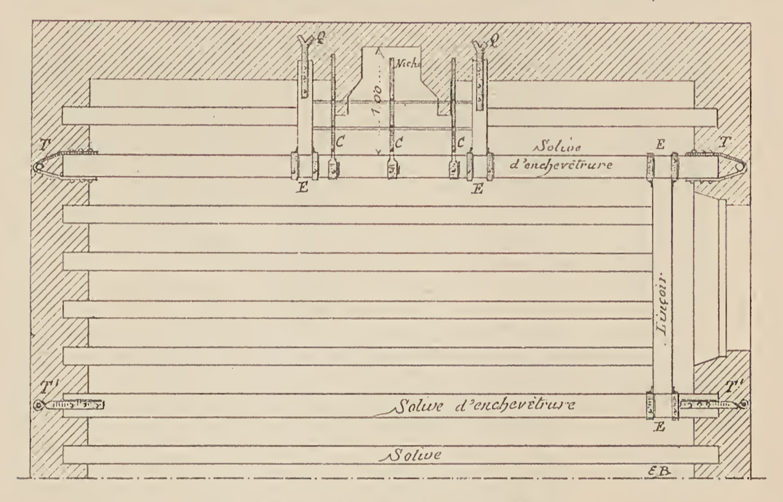


Fig. 568. — Ferrure d'un plancher.

importance secondaire et à les maintenir scellées dans les murs.

Nous avons donc vu à propos de la trémie presque tout le ferrage que nécessite un plancher en bois, il ne nous reste à parler que du chaînage. Le bois, s'il n'était putrescible, serait l'agent le plus propre à faire un bon chaînage parce qu'il varie fort peu en longueur sous l'influence de températures extrêmes. Mais, si on

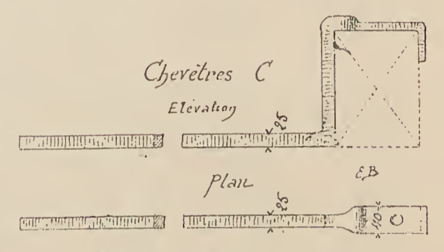
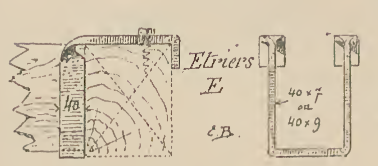


Fig. 569, 570. — Chevêtre.



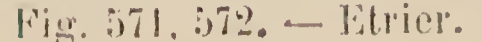


Fig. 571, 572. — Etrier.

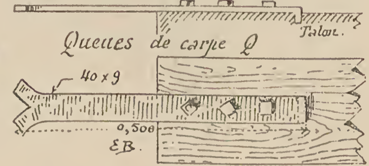


Fig. 573, 574. — Queue de carpe.

lui accorde assez de durée pour constituer un plancher on peut donc aussi le prendre comme élément de chaînage de même

qu'on le fait pour la solive en fer. Il suffit pour cela de rap-

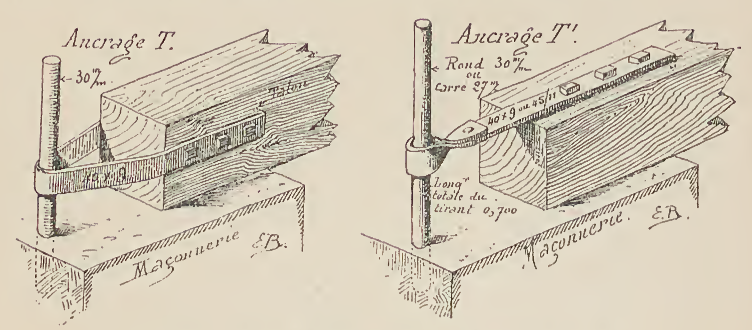


Fig. 575, 576. — Ancrages des poutres ou solives.

porter aux extrémités des pièces de bois, des tirants avec ancres dont voici les formes indiquées (fig. 575, 576, 577).

PANS DE BOIS

On donne le nom de *pan de bois* à une charpente assemblée susceptible de remplacer un mur en maçonnerie dans une construction. Le pan de bois, moins dispendieux, plus léger est souvent préférable à un mur en maçonnerie, en ce sens qu'il occupe beaucoup moins de place et, composant une véritable charpente, se tient entièrement d'une pièce se prêtant moins facilement à la dislocation, au moins à épaisseur égale.

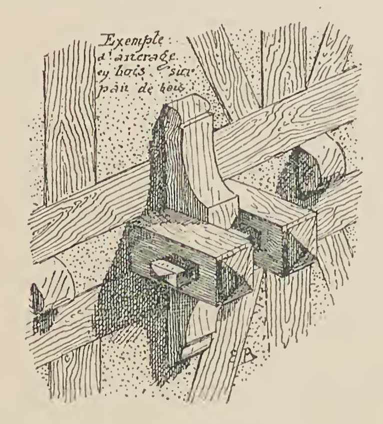


Fig. 577. — Ancrage en bois.

Par contre, le pan de bois a ce désavantage d'offrir un aliment aux incendies ; on ne peut y adosser des tuyaux de cheminée et, à plus forte raison, en loger dans son épaisseur. De plus, le pan de bois n'offre qu'une protection insuffisante contre les variations extérieures de la température.

Pour toutes ces raisons, en France, il est interdit de construire des pans de bois sur la voie publique. Cependant, dit M. Oslet,

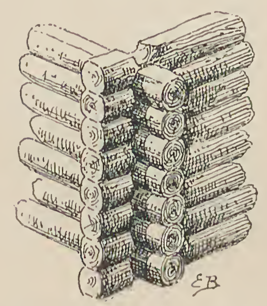
cette prohibition ne s'étend pas aux bâtiments dont la profondeur ne dépasse pas 8 mètres. Dans ce cas, la façade pourra être montée en pierre de taille ou en moellons jusqu'au premier étage et le reste en pan de bois. La hauteur à laquelle on peut élever un pan de bois sur la voie publique ne peut excéder 15^{m},60. Le dernier étage d'une maison, élevée à toute hauteur, peut toujours être monté en pan de bois sur la voie publique.

Une ordonnance du 18 août 1667 dit qu'il est enjoint aux propriétaires de faire couvrir les pans en bois de lattes, clous et plâtre, tant en dedans qu'en dehors, de manière qu'ils soient en état de résister au feu. Dans un autre règlement, les lattis des pans de bois doivent être faits avec des lattes en cœur de chêne dont l'écartement ne peut être de plus de 0^{m},08 à 0^{m},11. En outre, l'espacement des poteaux ne doit pas être de plus de 0^{m},25 à 0^{m},27. Il est également interdit :

1° De faire des entablements en pierre sur des pans de bois (ceux qu'on fera en plâtre ne devront pas excéder 0^{m},16 de saillie) ;

2° D'adosser contre un pan de bois une cheminée ou ses tuyaux ; mais on peut l'établir, ainsi que son mur dossier, en laissant un isolement complet entre ce mur et le pan de bois. L'espace vide, appelé *tour du chat*, doit être au moins de 0^{m},16 ou un demi-pied.

Dans les pays boisés, tels que la Suisse, le Tyrol, la Russie, la Suède et la Norvège, on fait des pans de bois en pièces jointives. Le mode de construction est souvent très simple : on se contente de superposer les troncs d'arbre, coupés de longueur et entaillés aux extrémités pour s'entre-croiser à mi-bois (fig. 578). On dresse à peu près les parties où se fait le contact et on réunit les pièces de bois entre elles par des chevilles également en bois.



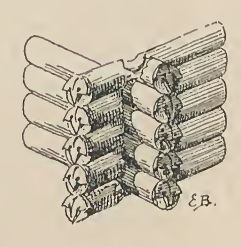


Fig. 578, 579. — Parois en bois ronds entaillés par moitié.

Ce genre de construction est parfois traité d'une façon très artistique, comme en témoignent les nombreuses constructions suédoises et russes qu'on a pu admirer à l'Exposition universelle de 1889 dont nous donnons un spécimen figure 579. On fait

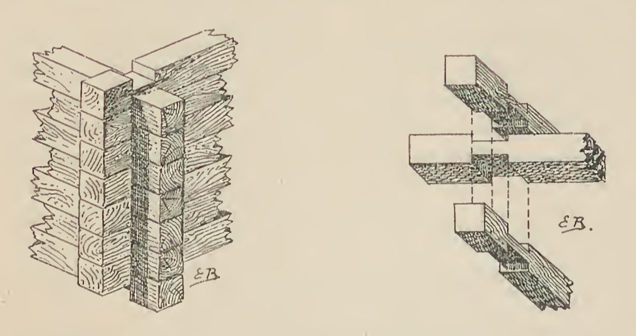


Fig. 580, 581. — Parois en bois équarris entaillés par moitié.

encore des pans de bois en pièces équarries entaillées moitié par moitié, qui forment une épaisse cloison dont les joints peuvent au besoin être facilement calfeutrés (fig. 580, 581).

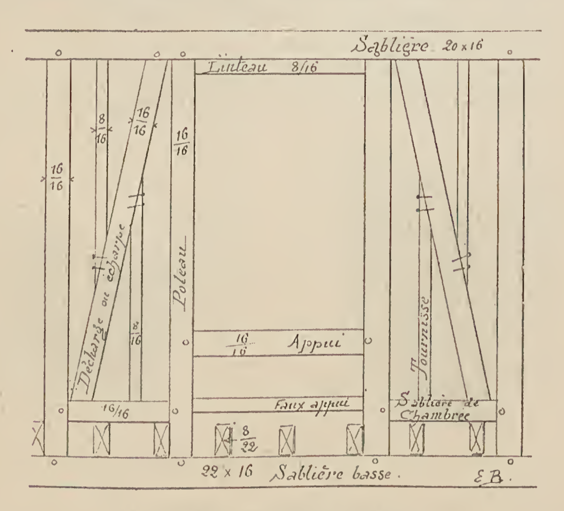
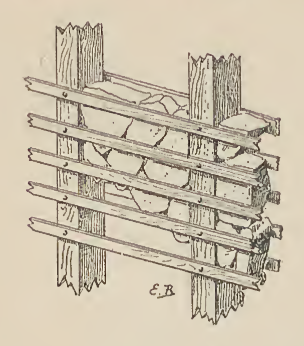


Fig. 582. — Pan de bois. Baie.

On distingue les *pans de bois* proprement dits, dans lesquels les bois utilisés sont équarris, et les *colombages*, où les bois employés sont ronds et qui s'établissent du reste de la même façon.

Un pan de bois est composé de pièces de bois verticales reliées par des pièces horizontales et l'équerrage de l'ensemble pour empêcher la déformation est fait par des pièces obliques, *décharges* ou *écharpes* (fig. 582). Les vides que ces bois laissent



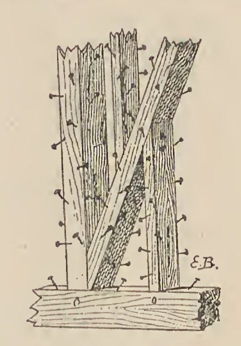


Fig. 583, 584. — Garnissage de pan de bois.

entre eux sont remplis de maçonnerie de petits moellons, de déchets de briques ou de plâtras, le tout hourdé en plâtre ; on doit, ou bien latter les côtés pour y étaler l'enduit, ou encore, si on ne latte pas, larder tous les bois de clous à bateaux pour assurer l'adhérence de la maçonnerie au bois (fig. 583, 584). Parfois aussi on réunit les deux systèmes, le pan de bois est alors latté et garni de clous (fig. 585).

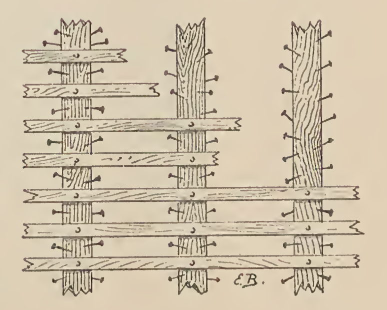


Fig. 585. — Pan de bois préparé pour être garni.

Quand un pan de bois doit être construit au rez-de-chaussée, il faut l'établir sur un petit mur qui l'isole du sol d'au moins $0^{m},50$.

Sur le soubassement repose la *sablière basse* dans laquelle sont assemblés à tenons et mortaises les poteaux, lesquels s'assemblent de même en haut sur la *sablière haute*. On consolide l'assemblage obtenu au moyen de pièces obliques, *décharges*. *écharpes* ou *guettes* sur lesquelles viennent s'assembler de petits poteaux appelés *tournisses*.

Aux différents angles, on place des poteaux plus forts appelés *poteaux corniers*, qui montent parfois dans la hauteur de plusieurs étages et ont toujours au moins $0^{m},25$ de côté. Les

poteaux d'huisserie (A) forment les jambages des portes et fenêtres et ont 0m,19 à 0m,22 de grosseur. Les *poteaux de remplissage*, ou intermédiaires (B), ont environ de 0m,15 à 0m,20 ; on les appelle *potelets* (C) lorsqu'ils sont très courts, comme ceux par exemple qui s'assemblent entre un *linteau* (D) sur baie et une sablière haute. La partie inférieure des fenêtres est ordinairement formée, au rez-de-chaussée, par la sablière basse, et dans les autres étages par des pièces spéciales, dites *pièces d'appui* (E), que soutiennent des *potelets* de remplissage (fig. 586).

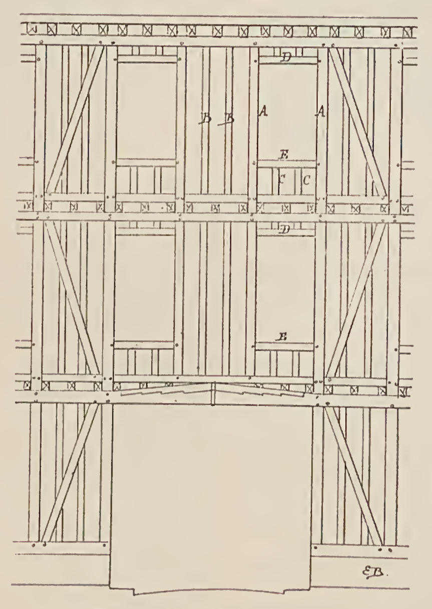


Fig. 586. — Pan de bois.

Les pans de bois intérieurs, ou *cloisons*, ne diffèrent de ceux extérieurs que par leur épaisseur qui est moins considérable ; les poteaux d'huisserie ont 0m,15 ou 0m,16 et ceux de remplissage 0m,10 ou 0m,12.

Lorsqu'un *pan de bois* porte plancher, les solives sont établies sur la sablière haute et la sablière basse du *pan supérieur* est placée immédiatement au-dessus. Les cloisons hautes de distribution reposent sur des sablières dites de *chambrée*, qui sont recouvertes par le carrelage et qu'on place en travers des solives, lorsque cela est possible.

Voici, d'après M. G. Oslet, un tableau des forces des différentes pièces composant les pans de bois :

Pans de bois dans des façades de 4 mètres de hauteur. Épaisseur du pan de bois variant de 0m,217 à 0m,244.		
DÉSIGNATION DES PIÈCES DE BOIS	ÉQUARRISSAGE	
	mètres.	mètres.
Poteaux corniers et poteaux de fonds	de 0,244	à 0,271
Poteaux d'étrière	0,217	0,244
Sablières hautes et basses.	0,217	0,244
Poteaux d'huisserie.	0,189	0,217
Poteaux de remplage ou de remplissage. . . .	0,162	0,217
Ecartement des poteaux de remplissage. . . .	0,271	0,325
Guettes, décharges et Croix de Saint-André. .	0,162	0,217
Tournisses et potelets.	0,135	0,217

Pans de bois intérieurs ou cloisons	de 4m,00 de hauteur	0m,162 d'épaisseur
	au-dessus de 4m,00 de hauteur.	0m,189 —
Poteaux	portant plancher. Equarrissage de . . .	0m,135 à 0m,162
	ne portant pas plancher. Equarrissage de.	0m,108 à 0m,135

Cloisons légères de refend ou en porte-à-faux, épaisseur 0m,081 à 0m,135.

Les *ferrures* employées dans la construction d'un pan de bois sont fort simples ; elles consistent : en *plates-bandes* à talons

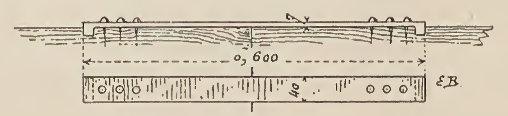


Fig. 587, 588. — Plate-bande à talons.

fixées au bois au moyen de clous. Les talons entaillés empêchent les pièces de se séparer (fig. 587, 588).

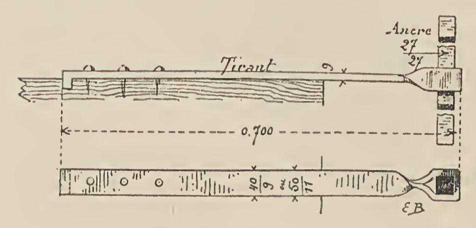


Fig. 589, 590.
Ancrage.

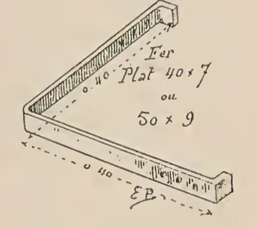


Fig. 591.
Plate-bande d'angle.

Quand le pan de bois vient se relier à un mur, on emploie les

tirants avec *ancres* qui ne sont autre chose qu'un bout de chaînage, la sablière reliée ainsi concourant au chaînage général (fig. 589, 590 et fig. 575 et 576 ci-dessus).

Enfin, quand le pan de bois fait retour d'équerre, on relie l'angle au moyen d'une équerre ou plate-bande coudée (fig. 591).

REMPLISSAGE DES PANS DE BOIS

La construction du pan de bois peut être modifiée par les matériaux qu'on devra employer pour combler les intervalles entre les bois parce que si l'on occupe ces espaces par des matériaux présentant une certaine cohésion, on pourra diminuer ou même supprimer les tournisses.

Remplissage en plâtras et plâtre. — C'est le plus fréquent et aussi le moins coûteux ; il peut être fait de deux manières : 1° avec garnis de plâtras, clous et bateaux et enduit aux deux faces ; 2° avec lattis lattéraux et remplissage en plâtras et plâtre enduit aux deux faces (fig. 583, 584). Dans certaines constructions les bois principaux devant rester apparents, on doit alors les *nerver*, c'est-à-dire leur donner la section que nous indiquons (fig. 592), puis on s'arrange pour que l'épaisseur du remplissage, enduit compris, s'arrête en *a*, de manière à ce que, s'il se produit une retraite du poteau dans son épaisseur, le décollement reste invisible, caché qu'il est dans la rainure.

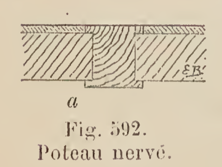
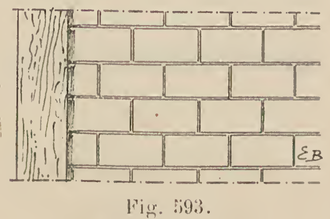


Fig. 592.
Poteau nervé.

Le remplissage en plâtras et plâtre convient surtout aux façades sur cours et aux cloisons intérieures.

Remplissage en brique. — Quand on emploie la brique pour remplir les intervalles entre bois, c'est ordinairement l'épaisseur d'une demi-brique, soit 0m,06 ou 0m,11, qui constitue la partie maçonnerie de la paroi. L'appareil ne se compose alors que de briques panneresses, c'est-à-dire qu'on ne voit en élévation que des briques en longueur, sauf cependant aux extrémités, la nécessité de chevaucher les joints pour lier les briques entre elles obligeant à couper un rang sur deux les briques extrêmes (fig. 593).


Fig. 593.
Remplissage en briques.

On fait encore des constructions qui n'ont qu'une parenté éloignée avec ce que nous appelons le pan de bois : ce sont des abris temporaires, magasins ou ateliers, qu'il suffit de clore.

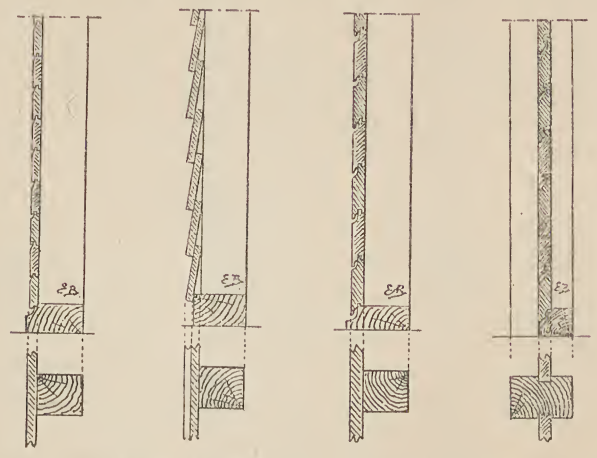


Fig. 594, 595, 596, 597. — Parois en bois.

Alors on emploie les revêtements en planches clouées sur les montants ; disposition que nous avons esquissée dans notre chapitre *Couverture* (fig. 594, 595, 596, 597).

ESCALIERS EN BOIS

Marches. — Quoique bien rarement, on fait cependant des marches massives, c'est-à-dire que la marche, la contremarche et le plafond sont pris dans le même morceau de bois. Dans ce cas l'escalier est sans limon et l'appareil est le même que celui de l'escalier en pierre (fig. 598, 599, 600). On a seulement en plus la faculté d'assembler les marches entre elles au moyen de plates-bandes ou de boulons.

Fig. 598. — Section de marche pleine.

Fig. 599, 600. — Marches pleines.

La marche pleine entre deux limons présente la section que nous indiquons figure 598. Le plafond peut être fait en bois si l'escalier est droit et en plâtre, s'il y a des parties tournantes.

Le degré ordinaire d'escalier en bois est une marche *composée*, c'est-à-dire comprenant deux parties : 1° la *marche* ou partie horizontale qu'on prend ordinairement dans une planche de 0m,054 d'épaisseur sur 0m,320 de large appelée *doublette ;* 2° la *contremarche* ou partie verticale qui se fait en bois de 0m,027 d'épaisseur et qui est assemblée à la marche par une languette

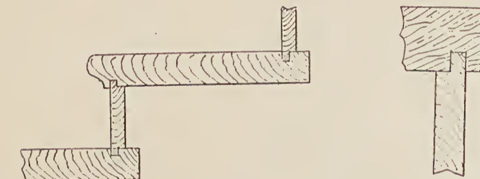


Fig. 601.
Marche entre limons.

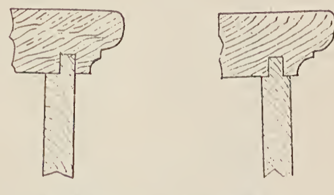


Fig. 602, 603. — Assemblages de marches et de contremarches.

à épaulement simple (fig. 602), c'est-à-dire entièrement reportée d'un côté de manière que le jeu du bois peut se produire sans être visible, la languette jouant dans la rainure, ce qui ne serait pas si on employait la languette à épaulement double ou à deux *arasements*, comme le montre la figure 603 dans laquelle nous supposons que la contremarche s'est retirée par dessiccation. La partie inférieure de la contremarche est également à épaulement, comme l'indique notre figure d'ensemble de marche (fig. 601).

Profils de marches. — Dans la construction d'escalier, la marche fait toujours saillie sur la contremarche d'environ 0m,03 à 0m,04 et on profile cette partie saillante suivant l'épaisseur de la marche, car l'exemple que nous donnons plus haut est une moyenne ordinairement appliquée, mais qui peut être augmentée ou diminuée, les marches pouvant avoir depuis 0m,03 jusqu'à 0m,075 d'épaisseur. On comprend donc que les profils ne peuvent être les mêmes pour les dimensions extrêmes ; aussi nous donnons figures 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, une série de profils pouvant être appliqués aux différentes épaisseurs.

Marches apparentes en dessous. — Quand l'escalier doit rester apparent, on rabote soigneusement les parements intérieurs des marches et on peut par des profils, des tables, etc., arriver à une très riche décoration (fig. 613, 614).

Sections pour bois de 34 m/m.

Sections pour bois de 41 m/m.

Sections pour bois de 54 m/m.

Fig. 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612. — Profils de marches.

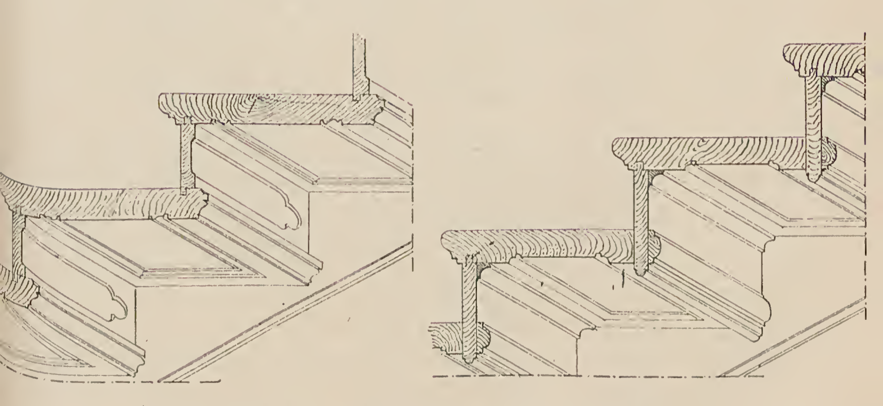


Fig. 613, 614. — Dessous d'escaliers apparents.

Plafonnage. — Quand les marches dépassent un peu la contremarche à la partie postérieure, on peut faire le plafond en entaillant (*en mouchant*) la marche et en clouant de l'une à l'autre un lattis sur lequel on pourra jeter le plafond en plâtre

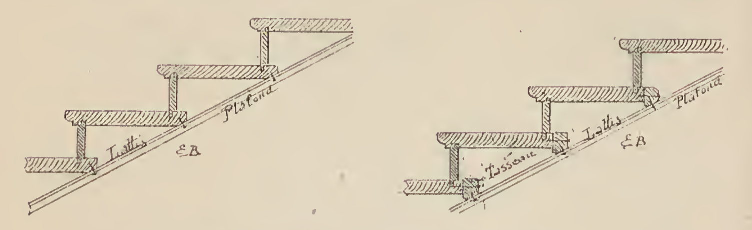


Fig. 615, 616. — Plafonds d'escaliers.

(fig. 615). Mais souvent les marches sont très justes, parfois même irrégulières ; on est alors forcé de rapporter des tasseaux chanfreinés sur lesquels on cloue le lattis (fig. 616). Ou encore : disposer des traverses horizontales sur lesquelles viendra se clouer le lattis devant porter le plafonnage en plâtre.

Limons en bois. — On appelle ainsi les pièces de bois inclinées qui soutiennent, du côté du jour, les marches des escaliers en charpente ; les limons des quartiers tournants sont des

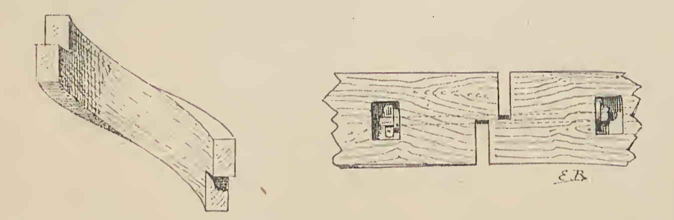


Fig. 617. — Quartier tournant. Fig. 618. — Assemblage de limon.

courbes rampantes (fig. 617, 618). Le limon d'escalier ordinaire a environ $0^{m},08$ d'épaisseur ; la hauteur varie avec le rampant d'escalier et la hauteur des marches qui le composent et surtout avec la charge accidentelle que peut être appelé à porter l'escalier. On appelle *faux-limons* des pièces inclinées placées contre les murs pour recevoir et supporter les marches quand elles ne sont pas encastrées dans une maçonnerie.

Dans les escaliers simples, les limons sont en planches ou en madriers et portent des tasseaux ou bien sont entaillés pour recevoir les marches, c'est le cas de l'échelle de meunier.

L'échiffre en charpente (fig. 619) est rarement utilisé, il est plus simple, la marche de départ étant presque toujours en pierre, de faire sous le limon un échiffre en maçonnerie au moins pour les rez-de-chaussée et généralement partout où l'on doit craindre l'humidité.

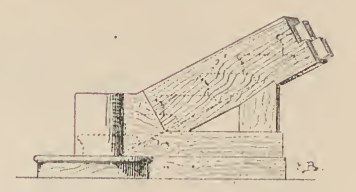


Fig. 619. — Echiffre en bois.

On comprend que les limons soient en une pièce quand ils sont droits, mais que l'on soit forcé de les faire en plusieurs morceaux quand ils sont composés de parties droites et de parties courbes ; on trouve déjà difficilement les bois nécessaires pour débiter les quartiers tournants, qui, si le rayon est grand,

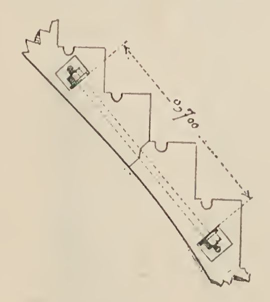


Fig. 620.
Serrage à boulon.

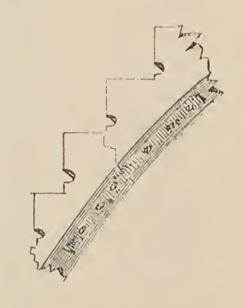


Fig. 621.
Assemblage à plate-bande.

demandent un énorme équarrissage. Les différentes pièces composant le limon sont assemblées entre elles au moyen de boulons à clavettes et à deux écrous (fig. 620) et de plates-bandes (fig. 621). Les pièces à réunir sont de plus entaillées à épaulements inverses, comme le montre la figure 617.

Profils de limons. — Dans l'escalier à crémaillère ordinaire, la section du limon affecte simplement la forme d'un rectangle. Mais si l'on veut obtenir une décoration plus grande, on peut profiler la partie inférieure absolument comme on le ferait dans les limons droits.

Dans les limons droits ou *à la française*, les profils se trouvent dessus et dessous ; parfois même le côté est décoré de defonçages ou de tables, comme le montrent nos figures 622, 623, 624, 625.

Noyaux. — Jusque vers la fin du XIVe siècle, on avait conservé en charpenterie le procédé employé pour la pierre dans

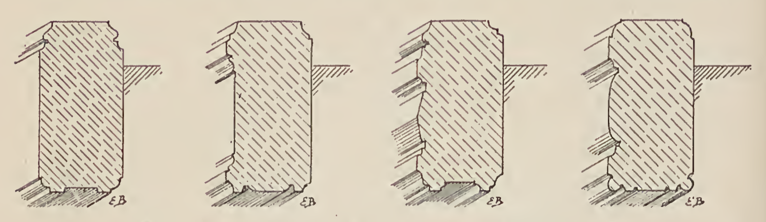


Fig. 622, 623, 624, 625. — Sections de limons.

les escaliers à vis, c'est-à-dire que chaque about de marche taillé à la demande (fig. 626) concourait à former le noyau. Mais, depuis, on commença à faire ledit noyau d'une seule pièce et les marches vinrent s'y assembler dans une suite de mortaises creusées les unes au-dessus des autres suivant la rampe. C'est, dit M. Viollet-le-Duc, ce qu'on faisait à la même époque pour les escaliers à vis en pierre... De même que l'on sculptait les noyaux en pierre, qu'on y taillait des mains-courantes, qu'on y ménageait des renforts pour recevoir les petits bouts des marches, de même on façonnait les noyaux en charpente. Nous donnons, figures 627, 628, la disposition de ces noyaux en charpente au droit de l'assemblage des marches. En A, on distingue les mortaises de chacune de ces marches avec l'épaulement inférieur B pour soulager les portées; en C est la main-courante prise dans la masse comme l'épaulement; son profil est tracé en D coupé perpendiculairement à son inclinaison; le profil de corniche avec l'épaulement est tracé en E.

Fig. 626.
Marche portant noyau.

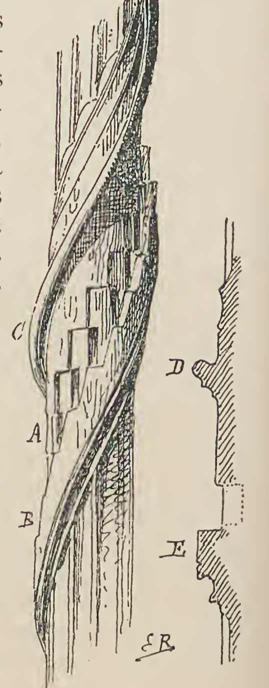


Fig. 627, 628.
Noyau à main courante.

Rampes. — C'est plutôt *balustrade*, *garde-corps*, *garde-fou*, que nous devrions dire, le mot *rampe*

s'appliquant plutôt au plan incliné formé par les degrés successifs, mais consacré par l'usage, nous lui conserverons l'acception acquise.

La rampe en bois se compose le plus généralement de montants, simples ou ouvragés, qui prennent le nom de balustres, et sont couronnés par une lisse appelée main-courante (fig. 629, 630, 631, 632).

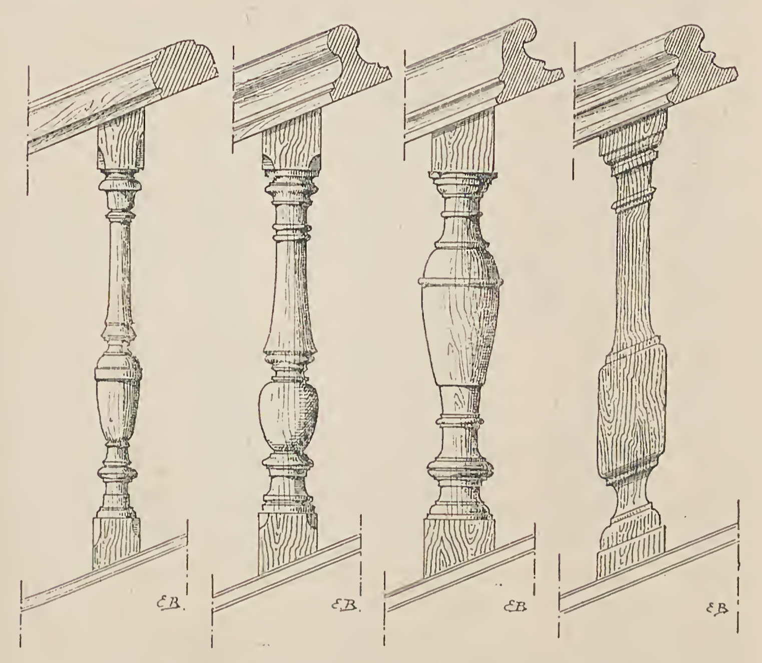


Fig. 629, 630, 631, 632. — Types de balustres en bois.

Comme on le voit, la rampe en bois ne convient guère qu'au limon à *la française* ou droit sur lequel les balustres composant la rampe peuvent facilement venir s'assembler au moyen de tenons dans le balustre et de mortaises dans le limon. Cependant on peut placer ce genre de rampe sur un limon à crémaillère en appliquant chaque montant contre la marche comme nous le montrons figure 633.

Sur limon à la française, aucune difficulté, si ce n'est dans les quartiers tournants, auxquels il faut avoir soin de donner un grand rayon (au minimum $0^{m},40$) de manière à pouvoir asseoir les montants sans avoir, haut et bas, une coupe trop biaise et par conséquent défectueuse.

La hauteur de rampe, comptée du nez de marche au-dessus de la main-courante, ne doit jamais être inférieure à 0m,92 et

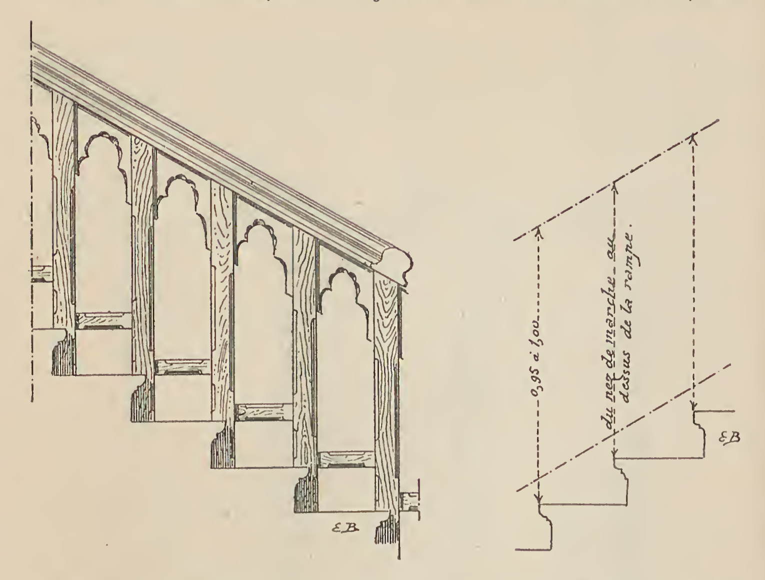


Fig. 633. — Balustrade sur marches. Fig. 634. — Hauteur de rampe.

peut aller sans inconvénient jusqu'à 1 mètre. On aura donc la hauteur des balustres en déduisant la hauteur verticale du

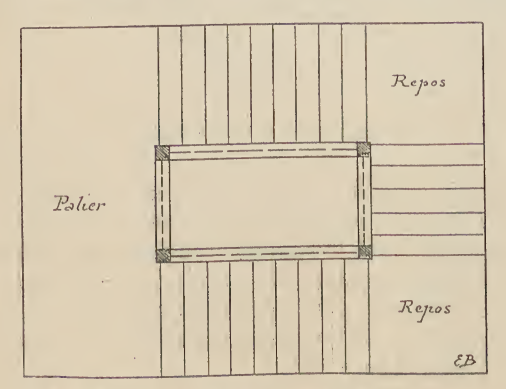


Fig. 635. — Escaliers à montant d'angles.

limon au-dessus du nez de marche, plus la hauteur verticale de la main-courante, de la hauteur totale adoptée (fig. 634).

La forme d'escalier la plus favorable à la rampe en bois est

l'escalier à poteaux d'angles (fig. 635), sur lesquels les mains-courantes viennent s'assembler.

Dans le cas de quartier tournant, on peut encore occuper toute la partie cintrée par un panneau courbe serré entre deux montants placés aux points de tangence.

Pilastres. — La rampe, à son départ, s'appuie toujours sur un fort montant assemblé au limon et fixé aussi à la marche de

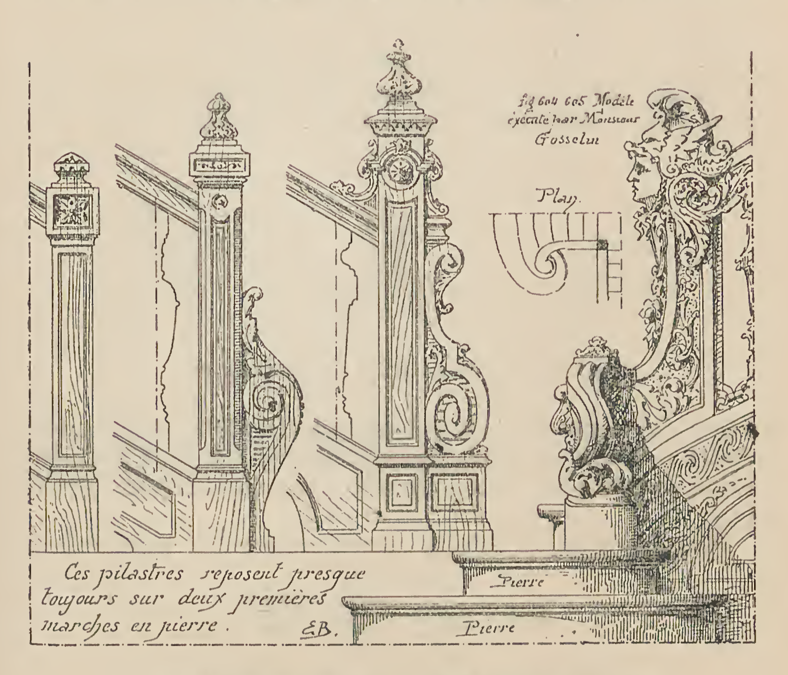


Fig. 636, 637, 638, 639, 640. — Types de pilastres de départ.

départ. Ce montant est plus ou moins décoré (fig. 636, 637, 638) et est parfois accompagné d'amortissements sculptés, comme l'indiquent nos figures 639, 640.

Mains-courantes. — Nous n'aurons guère à donner ici que les profils, dont les formes du reste sont très variées.

Le plus simple est pris dans un chevron et est simplement arrondi aux angles (fig. 641). Puis, allant du simple au composé, on a des profils dans le genre de ceux que nous donnons figures 642, 643, 644, 645. Un profil très commode est celui que

nous représentons figure 646. Généralement la main-courante devant recouvrir les balustres est très grosse, et si elle permet à la main de s'appuyer, elle ne lui permet pas de la saisir, de la

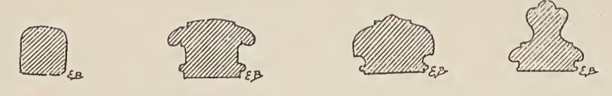


Fig. 641, 642, 643, 644. — Mains-courantes en bois.

serrer en cas de chute. C'est à cet inconvénient qu'on a remédié en faisant une main-courante large du bas et dégagée du haut pour pouvoir être tenue dans la main. Le profil (fig. 647) est



Fig. 645, 646, 647. — Mains-courantes en bois.

une variante qui peut être d'une grande utilité, notamment quand la rampe se trouve placée près d'un mur ; il n'y a ainsi aucun danger que la main vienne coincer entre la rampe et le mur.

Dans l'escalier en bois, la rampe est souvent faite en fer,



Fig. 648, 649, 650, 651. — Mains-courantes en fer.

surtout quand la cage d'escalier est exiguë. La rampe, généralement composée de barreaux ronds, est recouverte par une main-courante dont voici les principaux profils figures 648, 649, 650, 651.

Ferrure d'un escalier. — Les différentes pièces formant le limon, parties droites et quartiers tournants, sont assemblées entre elles par des boulons à deux écrous, de $0^m,018$ à $0^m,022$ de diamètre, serrant sur rondelles, tel que le montre la figure 652. Les écrous sont placés dans des logettes qu'on vient ensuite

fermer en même bois. L'assemblage est complété par une forte plate-bande en fer de 0^{m},45 $\times$ 0^{m},009 ou 0^{m},040 $\times$ 0^{m},007, suivant les dimensions de l'escalier. (Voir les figures 620, 621 ci-dessus.) Quand les parties droites sont longues, on relie les limons entre eux par des boulons, ou, s'il n'y a qu'un limon, le boulon va en scellement dans le mur. L'emploi de boulons pour réunir le limon au mur ou les limons entre eux, est rarement nécessaire dans les escaliers à crémaillère, où chaque marche est une sorte d'entretoise ; mais il est indispensable dans les escaliers à la française, dans lesquels les limons sont creusés pour recevoir les marches et qui, en se déformant, pourraient laisser sortir les abouts de marches de leurs mortaises.

Dans l'escalier à crémaillère on fait deux sortes de rampe : 1° à col de cygne, c'est-à-dire le barreau simplement coudé arrondi (fig. 653) ; et 2° à piton, genre plus orné que nous indiquons (fig. 654). Les barreaux ont géné-

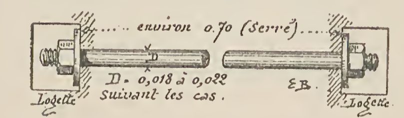


Fig. 652. — Boulon d'écartement.

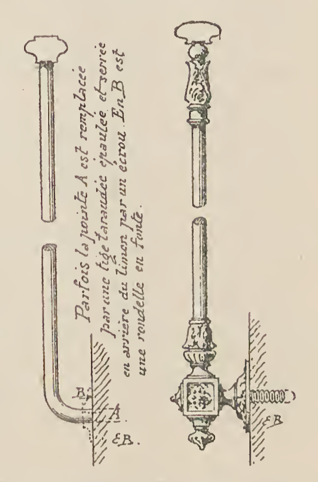


Fig. 653, 654. — Rampes en fer.

ralement 0^{m},018 de diamètre et sont recouverts d'une bandelette de 0^{m},020 $\times$ 0^{m},005 fixée sur chaque barreau, et percée intermédiairement de trous pour fixer la main-courante en bois.

CHARPENTES DE COMBLES

Un bâtiment est toujours abrité par une toiture dont la forme correspond aux conditions climatériques du pays où l'on construit et de ses ressources en matériaux propres à assurer la parfaite étanchéité qu'on se propose toujours d'obtenir quand on construit un édifice.

On donne le nom de *comble* à l'ensemble de la charpente qui supporte la toiture. C'est une combinaison de charpente assemblée de manière à reporter verticalement toutes les pressions,

de manière à ne pas pousser au vide, c'est-à-dire ne pas tendre à renverser les murs sur lesquels elle s'appuie.

La toiture d'un bâtiment est composée, le plus souvent, de deux plans inclinés en sens inverses qui se raccordent en formant une arête qui prend le nom de *faît* ou de *faîtage*. Pour éviter les gros équarrissages et, par suite, les cubes de bois coûteux, on fractionne les combles comme on fractionne les planchers par des poutres ; on place à des distances assez rapprochées, de 3 à 5 mètres environ, de fortes poutres armées d'une construction spéciale appelées *fermes* qui, naturellement, franchissent toujours l'édifice sur sa faible dimension. Quand on peut faire monter les murs, pignons ou refends, on leur donne la forme semblable à celle des fermes et les *pannes*, ou pièces qui réunissent les fermes entre elles, viennent reposer dessus et sont ensuite encastrées dans la maçonnerie qu'on fait monter jusqu'à la partie supérieure des pannes.

La base de construction d'une ferme est la forme en triangle parce que cette figure géométrique est la seule indéformable, et l'on doit, en étudiant une forme en charpente, rechercher immédiatement les qualités suivantes :

Simplicité, pour éviter la main-d'œuvre et rendre le montage facile ; la légèreté, obtenue par le cube minimum de bois avec une combinaison donnant une grande solidité, et surtout en faisant travailler le bois dans le sens des fibres, c'est-à-dire à la traction ou à la compression.

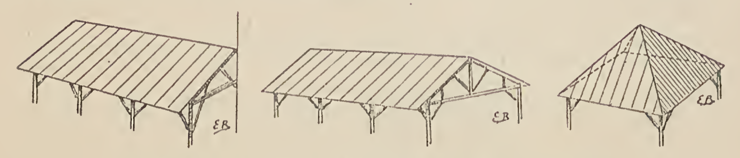


Fig. 655, 656, 657. — Diverses formes de combles.

Les principales formes de toitures généralement employées

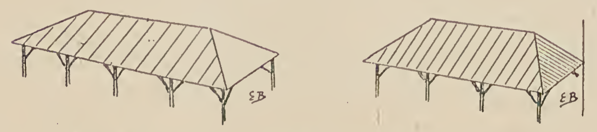


Fig. 658, 659. — Diverses formes de combles.

sont : l'appentis (fig. 655), à deux longs pans (fig. 656) ; en pavillon ou à autant de versants que de côtés (fig. 657) ; à deux longs pans avec croupes (fig. 658) ; appentis avec croupes

(fig. 659) ; à la Mansard (fig. 660) ; en arc (fig. 661) ; en dôme (fig. 662).



Fig. 660.
Comble à la Mansard.

Fig. 661.
Comble cintré.

Fig. 662.
Comble demi-sphérique.

Les principales pièces composant une charpente sont les suivantes, que nous représentons sur les figures 663 et 664.

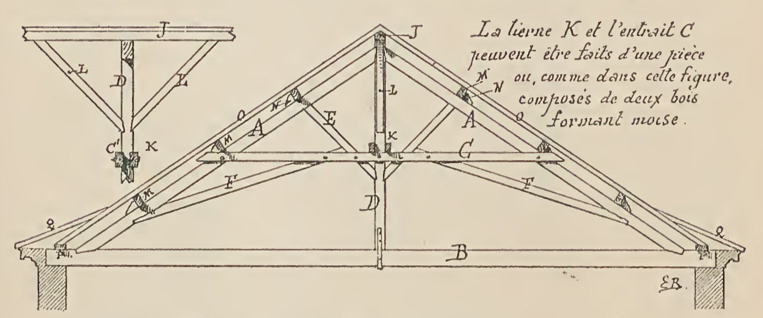


Fig. 663. — Dénomination des pièces composant une ferme.

Arbalétrier (A). — On désigne ainsi les pièces principales d'un comble, qui sont inclinées suivant la pente du toit et supportent les pannes (M) qui sont retenues par des cales appelées chantignolles (N). Par son extrémité inférieure l'arbalétrier s'assemble avec l'entrait (B) à embrèvement avec ou sans tenon, et, par son extrémité supérieure, à tenon et mortaise avec le poinçon D.

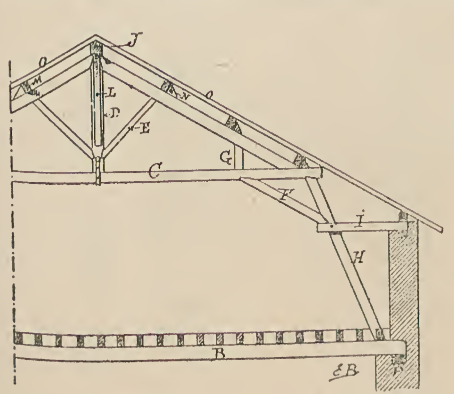


Fig. 664. — Pièces composant une ferme.

Arêtiers, noues. — Les premiers sont des arbalétriers placés à l'intersection de deux toitures se

rencontrant suivant un angle et formant une arête ; l'arêtier est toujours délardé, c'est-à-dire que sa section présente la forme que nous traçons (fig. 665). La *noue* est l'inverse de l'arêtier, c'est un arbalétrier placé à l'angle rentrant formé par l'intersection de deux rampants de couverture.

Fig. 665. Arêtier.

Entrait ou tirant (B). — L'entrait est parfois fait d'une seule pièce de bois, mais peut aussi être composé de deux pièces parallèles appelées *moises* entre lesquelles se placent les arbalétriers et le poinçon. La fonction de cette pièce B est surtout d'empêcher l'écartement des arbalétriers. L'*entrait retroussé* ou *faux entrait* (C) est placé parallèlement au premier et soulage les arbalétriers vers le milieu de la portée.

Poinçon (D). — Le poinçon est une pièce travaillant à la traction si l'entrait est chargé (par exemple s'il porte un plancher), alors ledit entrait commençant à fléchir entraîne le poinçon, qui, lui, pousse les arbalétriers dans le sens des flèches *pp*, et que ces arbalétriers, en cherchent par suite du poids à prendre la position horizontale poussent sur les deux extrémités et, par conséquent, tendent l'entrait qui relève le poinçon. D'où l'on peut conclure à un équilibre parfait. Ce qui est le cas pour la poutre armée (fig. 666).

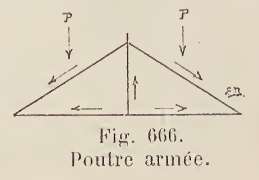
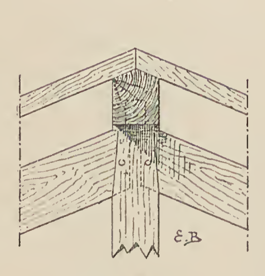
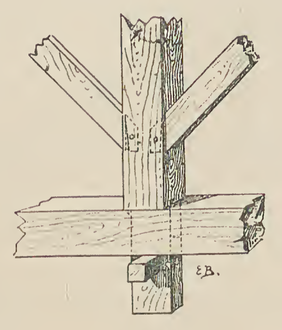


Fig. 666.
Poutre armée.


Fig. 667.
Partie haute d'un poinçon.


Fig. 668.
Partie basse d'un poinçon.

Nous donnons (fig. 667, 668, 669, 670) l'assemblage haut et bas du poinçon ordinaire ; quand le comble est conique, le

poinçon affecte la forme indiquée (fig. 671, 672) et qui a une parfaite analogie avec le détail de serrurerie appelé *gobelet*.



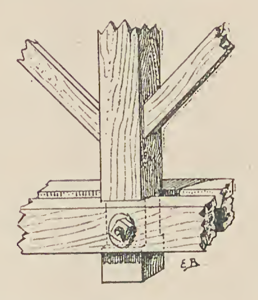
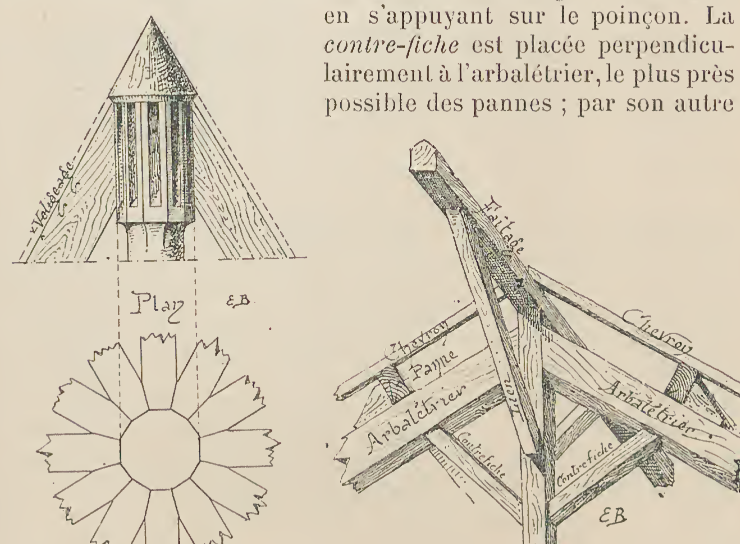


Fig. 669, 670. — Assemblages de poinçons sur entraits.

Contre-fiche (E). — La contre-fiche est une pièce de charpente qui, dans une ferme, est destinée à soulager l'arbalétrier en s'appuyant sur le poinçon. La *contre-fiche* est placée perpendiculairement à l'arbalétrier, le plus près possible des pannes ; par son autre



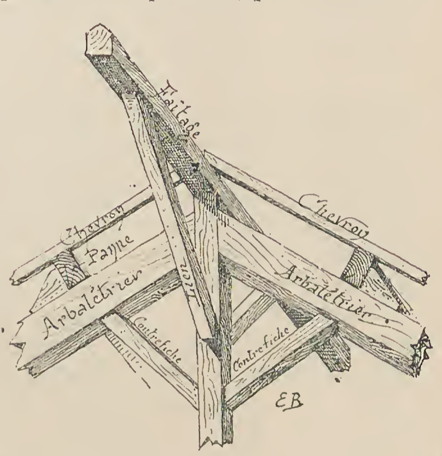


Fig. 671, 672. Poinçon de comble conique.

Fig. 673. Sommet de ferme.

extrémité elle s'embrève avec le poinçon. Dans une ferme, le poinçon reçoit quatre contre-fiches ; deux soulagent les arbalétriers et deux autres qui prennent le nom de liens soutiennent le faîtage (fig. 673). On donne encore le nom de *contre-*

fiche à des pièces posées obliquement pour étayer des murs menaçant ruine (fig. 674), mais pour nous, nous préférons leur réserver le nom d'*étais*.



Fig. 674. — Contre-fiche ou étai.

Aisselier (F). — C'est une pièce de bois droite ou courbe, servant à fortifier, à trianguler l'assemblage de deux pièces de charpente et à en empêcher l'écartement. Les *aisseliers* ont leurs extrémités terminées par des tenons qui ont leurs mortaises dans les deux pièces assemblées et formant angle.

Jambette (G). — La jambette est une petite pièce placée verticalement ou obliquement qui soulage l'arbalétrier en s'appuyant sur l'entrait.

Jambe de force (H). — Dans un comble brisé, la jambe de force est la pièce de bois légèrement inclinée qui va de l'entrait à l'entrait retroussé et qui supporte toute la partie supérieure du comble, c'est-à-dire tout ce qui est au-dessus du faux-entrait.

Blochet (I). — Cette pièce s'emploie dans les combles à entrait retroussé, elle relie le pied de l'arbalétrier avec une jambe de force. Le blochet se fait d'une seule pièce, mais alors il faut l'entailler à mi-bois avec la jambe de force, ce qui est un affaiblissement, de même si l'on se contente d'assembler à tenon et mortaise. Le mieux, à notre avis, est de dédoubler la pièce et d'en faire deux moises (fig. 675). Les charpentes élevées par les architectes du moyen âge au-dessus des voûtes en arcs-d'ogive présentent les exemples de blochets (I), dans lesquels s'assemblent à tenon et mortaise les gros chevrons portant fermes intermédiaires aux fermes maîtresses (fig. 676).

Faît ou faîtage (J). — Le faîtage est une pièce, généralement horizontale (inclinée si l'emplacement à couvrir a la forme d'un trapèze), qui forme l'arête supérieure d'un comble et qui reçoit le chevronnage. Quand le comble a une grande longueur, le faîtage se fait en plusieurs pièces, le joint toujours fait sur la tête du poinçon, et les extrémités portent sur charpente ou reposent sur un mur suivant les conditions dans lesquelles on se trouve. Il est délardé suivant la pente (fig. 677).

Lierne ou sous-faît (K). — C'est une pièce de bois parallèle

Fig. 675, 676. — Blochets.

au faîtage, qui s'assemble dans les poinçons, et relie les fermes entre elles.

Lien (L). — Le lien est une petite contre-fiche qui, s'appuyant sur le poinçon, vient soulager le faîtage. Dans les faibles

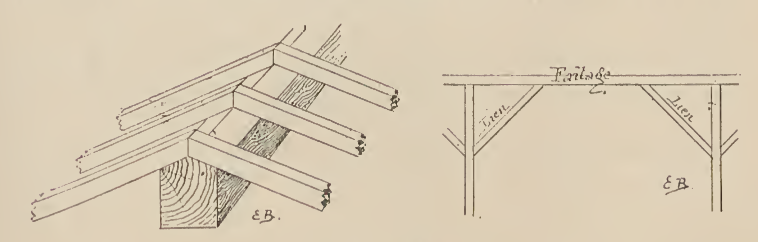


Fig. 677, 678. — Faîtages.

portées les liens arrivent à réduire au tiers la longueur réelle du faîtage (fig. 678).

Pannes (M). — Pièces de bois horizontales qui réunissent

les fermes entre elles en s'appuyant sur les arbalétriers et qui, à leur tour, supportent le chevronnage qui doit recevoir la couverture. Les pannes sont placées à une distance les unes des autres qui peut être comprise entre $1^m,75$ et $2^m,25$; écartement déterminé par la longueur du rampant, le genre de couverture, et les dimensions des chevrons qui pour ces espaces à franchir ont ordinairement $0^m,08 \times 0^m,08$.

Échantignole ou chantignole (N). — C'est un tasseau, fixé sur l'arbalétrier pour empêcher le glissement de la panne (fig. 679); nous la figurons embrèvée et assemblée à tenons et mortaise, parce que c'est ainsi qu'on doit procéder dans un travail soigné. Pour nous, nous pensons qu'un léger embrèvement suffit. Dans la pratique, la chantignole est tout simplement clouée sur l'arbalétrier. Bien rarement on emploie le boulon pour la fixer.

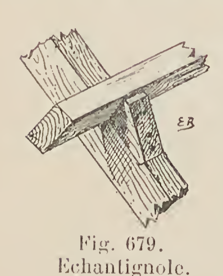


Fig. 679.
Échantignole.

Chevrons (O). — Ce sont de petites pièces de bois, prises dans des madriers, que l'on pose clouées sur les pannes et qui reçoivent le lattis ou le voligeage ; suivant le système de couverture les chevrons peuvent être espacés de $0^m,33$ à $0^m,60$. Leur équarrissage est également déterminé par le poids de la couverture qu'ils doivent porter, ils sont plus gros quand ils doivent porter de la tuile que si on veut simplement couvrir en carton bitumé : ils ont $0^m,06 \times 0^m,08$, soit 4 au madrier de $0^m,08 \times 0^m,23$; $0^m,08 \times 0^m,08$, soit 3 au madrier (ces dimensions sont obtenues faibles); $0^m,08 \times 0^m,11$, soit 2 au madrier; c'est ce dernier échantillon qui sert dans la partie presque verticale des combles brisés, parce que cette dimension $0^m,11$ permet de faire dans les intervalles une légère maçonnerie appelée *augets*.

Sablière ou plate-forme (P). — La sablière est une sorte de semelle posée à plat sur le mur (en l'absence de mur elle devient *panne sablière*), elle reçoit l'extrémité inférieure des chevrons comme le faîtage reçoit celle supérieure.

Coyau (Q). — Petite pièce de bois portant sur la partie inférieure des chevrons et sur la saillie de l'entablement pour adoucir la pente d'une couverture au point où elle pose sur la corniche, et aussi pour projeter plus loin de la façade les eaux pluviales.

Moise (C). — La moise est un élément précieux de la charpente; elle permet d'éviter des assemblages difficultueux et qui affaiblissent souvent des pièces essentielles. Elle se compose de deux pièces de bois serrant entre elles les autres parties de la charpente; elles sont presque toujours entaillées de manière à trouver une bonne assiette et éviter de ne faire travailler que le boulon (fig. 680, 681).

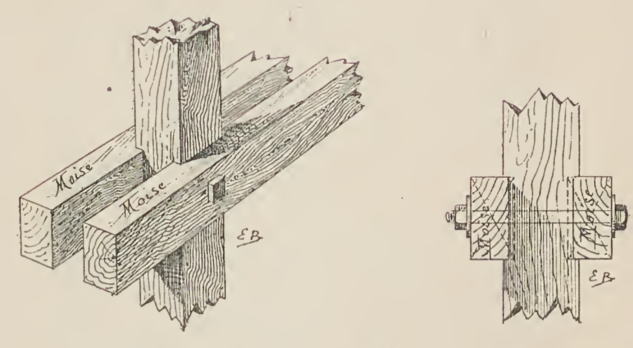


Fig. 680, 681. — Moises.

Il y a souvent avantage à employer les bois dédoublés, ainsi par exemple on constituera un support isolé plus résistant avec deux madriers $0^{m},08 \times 0^{m},23$ écartés de $0^{m},07$ par des entretoises boulonnées, que si l'on se contente de prendre un bois de même section équivalente, soit $0^{m},16 \times 0^{m},23$.

PENTES DES COMBLES

La première chose qui doit préoccuper le constructeur dans l'étude d'un comble, c'est la pente à donner aux versants. Cette pente sera déterminée par la destination et par le caractère de l'édifice, par les matériaux dont on dispose, et enfin par le climat du pays où l'on construit.

Faisant abstraction de la question architecturale, nous n'aurons à considérer ici que les pentes minima que permettent les différents matériaux employés pour couvrir, et que nous résumons dans notre figure 682.

La raison d'économie devra toujours conduire le constructeur à donner une bonne moyenne de pente aux toitures. Assez, parce que la charpente peut être plus légère, mais pas trop parce qu'alors la couverture prend un trop grand dévelop-

pement ; ainsi, par exemple, une couverture inclinée suivant un angle de 85° donnerait une pente par mètre de 11^{m},70 environ et par conséquent l'hypoténuse ou développement de couverture donnerait pour 1 mètre en plan environ 12^{m},10, tandis que

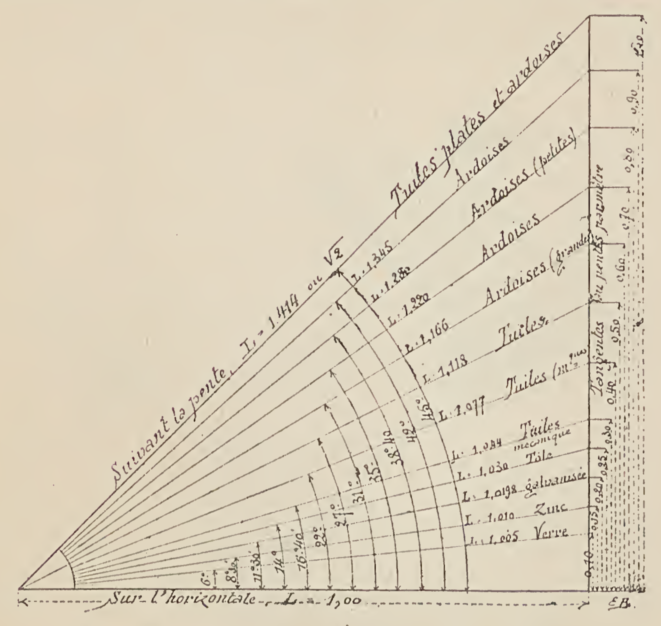


Fig. 682. — Inclinaisons des diverses couvertures.

certaines couvertures en terrasse, avec une pente de 0^{m},10 par mètre (ou 5°50′ environ) donnent un développement de 1^{m},005 environ. On voit donc que dans un pays où la couverture presque plate est possible, elle reviendrait en tant que couverture, et pour un écart de 5° 50' à 85°, douze fois environ moins cher que celle à forte inclinaison et qu'il ne resterait qu'à tenir compte du poids à porter par la charpente.

Les pentes doivent naturellement être variables suivant les différents climats. Dans nos régions tempérées on peut admettre en général les inclinaisons suivantes pour les charpentes :

Tuiles à recouvrement	de 0^{m},40 à 0^{m},50 par mètre.
Couvertures métalliques	de 0 ,25 à 0 ,30
Ardoise	de 0 ,74 à 1 ,00

Pour arriver à déterminer les dimensions des pièces de la charpente du comble, il faut connaître les charges qui agissent

sur la toiture. Ces charges sont, d'une part, le poids propre de la couverture et de la charpente et, d'autre part, la pression exercée par le vent et la charge accidentelle de neige. On pourra donc, en consultant les tableaux ci-dessous, additionner à la charge permanente (pour bois ou fer) la surcharge de neige qu'on doit prévoir dans la contrée où l'on construit.

POIDS PERMANENT DES TOITURES AU MÈTRE SUPERFICIEL

(Extrait de la *Statique graphique* de M. Maurice Maurer.)

Le tableau suivant donne un résumé de la charge permanente (couverture et ossature) des diverses sortes de toitures en tenant compte de leur inclinaison, c'est-à-dire du rapport $\frac{h}{l}$ de la hauteur h à la portée l :

TOITURES AVEC CHARPENTES EN BOIS

NUMÉROS	NATURE DE LA COUVERTURE	INCLINAISONS ordinairement adoptées. $\frac{h}{l}$	POIDS MOYEN en kilogrammes par mètre carré.
1	Tuiles plates.	$\frac{1}{1} - \frac{1}{2}$	100
2	Tuiles creuses (mécaniques)	$\frac{1}{1} - \frac{1}{2}$	125
3	Ardoise	$\frac{1}{2} - \frac{1}{5}$	75
4	Bitume avec revêtement en terre glaise.	$\frac{1}{12} - \frac{1}{16}$	60 — 75
5	Mastic bitumineux.	$\frac{1}{6}$	30
6	Zinc ou tôle galvanisée avec voligeage.	$\frac{1}{6}$	40
	TOITURES AVEC CHARPENTES MÉTALLIQUES		
1	Ardoises sur lattis en cornières.	$\frac{1}{2} - \frac{1}{5}$	50
2	Tôle galvanisée sur lattis en cornières .	$\frac{1}{6}$	25
3	Tôle ondulée sur lattis en cornières. . .	$\frac{1}{6}$	22
4	Zinc sur lattis en cornières.	$\frac{1}{6}$	24
5	Cuivre	$\frac{1}{6}$	45
6	Verre	$\frac{1}{5} - \frac{1}{12}$	60

SURCHARGES RÉSULTANT DES NEIGES

$\frac{h}{l}$	SURCHARGE DE NEIGE EN KILOGRAMMES PAR MÈTRE CARRÉ		
	COUCHE DE $0^m,30$	COUCHE DE $0^m,60$	COUCHE DE $0^m,90$
$\frac{1}{2}$	21	43	64
$\frac{1}{3}$	25	50	75
$\frac{1}{4}$	27	53	80
$\frac{1}{5}$	28	55	83
$\frac{1}{6}$	28	56	84
$\frac{1}{7}$	29	57	86
$\frac{1}{8}$	29	58	87
$\frac{1}{9}$	29	59	88
$\frac{1}{10}$	30	59	89
$\frac{1}{\infty}$	30	60	90

Plus la pente du toit est prononcée et plus la pression du vent est considérable. Dans l'ouvrage de M. Wanderley, auquel nous empruntons les tableaux ci-dessous, on admet que la direction du vent fait un angle de 10° avec l'horizontale. Il rencontre donc les pans du toit obliquement et on peut le décomposer en deux forces, l'une horizontale (H) et l'autre verticale (V), la première étant celle qui a la valeur la plus importante.

Les valeurs numériques qui résultent d'après cela, dans chaque cas particulier, pour l'action de la neige et du vent, sont réunies dans les tableaux suivants :

PENTE DU TOIT	RAPPORT de la flèche à la portée comble à deux versants.	ANGLE α avec l'horizontale.	CHARGE due à la neige.	PRESSION DU VENT	
				H.	V.
$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{24}$	4°,50′	74.70	0.16	1,94
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	9°,30′	73,95	0,70	4,47
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	18°.30′	71.10	3.69	11,02
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	26°.30′	67.13	10.71	20.16
$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{3}$	33°.40′	62.40	20,83	31.29
$\frac{1}{1,2}$	$\frac{5}{12}$	99°.50′	57,60	32,63	39.15
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	45°	53,03	44.36	44,36
$\frac{1}{0,556}$	$\frac{7}{12}$	49°.30′	48,60	55,68	46,47
$\frac{1}{0,75}$	$\frac{2}{3}$	52°,30′	45,30	46,47	47,57
$\frac{1}{0,67}$	$\frac{3}{4}$	56°,10′	41,78	46.57	48.77

Le poids total comprenant la couverture, la neige et le vent est :

NATURE DE LA COUVERTURE	CHARGES EN KILOGRAMMES PAR MÈTRE CARRÉ DE PROJECTION HORIZONTALE pour les pentes de :								
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
Chaume sans glaise. . . .	223	193							
— avec glaise, . . .	238	208							
Tuiles plates, recouvrement simple	264	233	218						
Tuiles plates, recouvrement double	290	260	244						
Ardoises sur voligeage . .	238	208	193	183					
Zinc ou tôle ondulée . . .	203	173	157	147	142	139	137	135	132
Carton goudronné	193	168	147	137	132	129	127	125	123
Asphalte sur couches d'argile.	238	208	193	183	178	175	173	170	168
Asphalte sur aire en carreaux	264	233	218	218	203	200	197	195	193

Appentis. — C'est un comble à un seul égout généralement adossé au mur, et portant parfois sur des poteaux dont les intervalles sont remplis d'une manière quelconque.

Quand la portée est très faible, de $2^{m},25$ à 3 mètres, on peut couvrir au moyen de simples chevrons reposant sur des

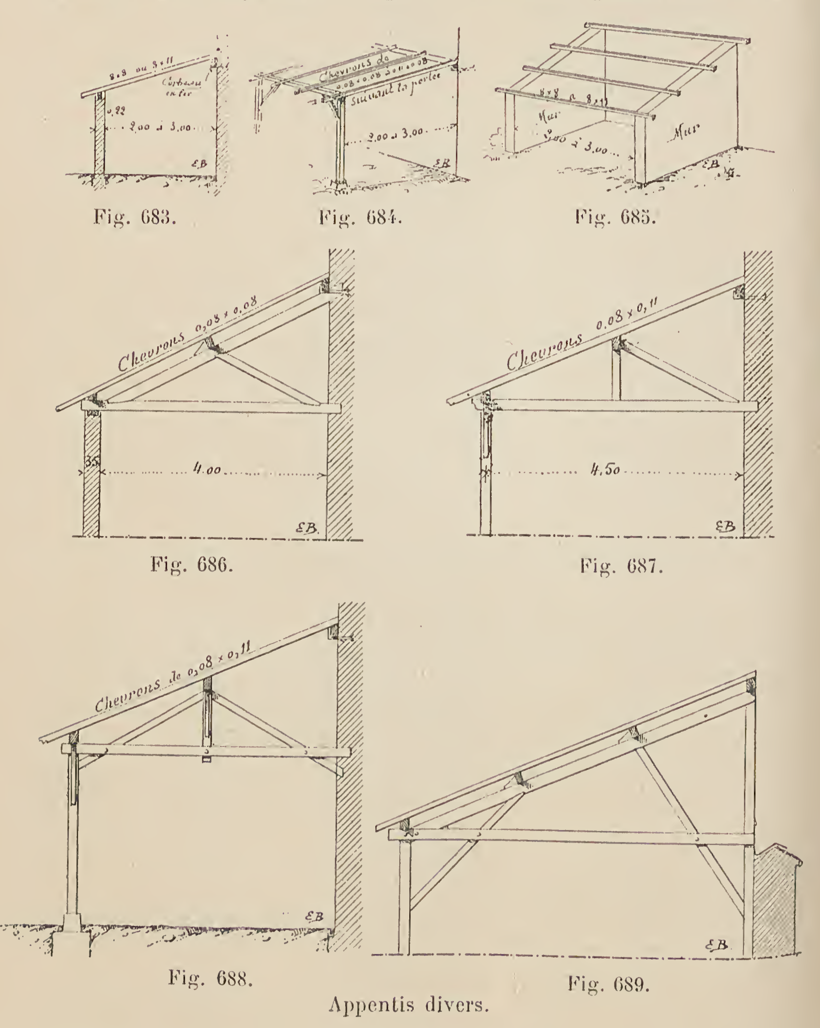


Fig. 683. Fig. 684. Fig. 685.

Fig. 686. Fig. 687.

Fig. 688. Fig. 689.

Appentis divers.

sablières placées sur les murs (fig. 683). Ou bien, l'appentis est appuyé contre un mur et la partie inférieure s'appuie sur des poteaux (fig. 684).

Il peut se présenter que le genre de charpente qui nous occupe soit profond et placé entre deux murs très rapprochés : alors ce seront les pannes qui formeront la partie résistante et les chevrons porteront simplement dessus (fig. 685).

Voici du reste un certain nombre d'exemples qui répondent à presque tous les cas qui peuvent se présenter (fig. 686, 687, 688, 689).

Les cas qui précèdent comportent des espacements de fermes ou de points d'appui assez rapprochés, c'est-à-dire environ 4 mètres; on peut aller jusqu'à 4m,50 et même 5 mètres, mais en forçant un peu les dimensions des bois. Il est pourtant des circonstances qui obligent à augmenter de beaucoup ces espacements, les supports verticaux sont gênants, coupent désagréablement les surfaces, et, parfois même, ne sauraient être tolérés. Il s'agit donc alors de franchir de grandes portées sans augmenter les forces des pannes, et pour cela il suffit de composer la charpente de fermes et fausses-fermes et remplacer pour ces dernières le point d'appui absent par une poutre armée qui reporte la charge sur les autres supports.

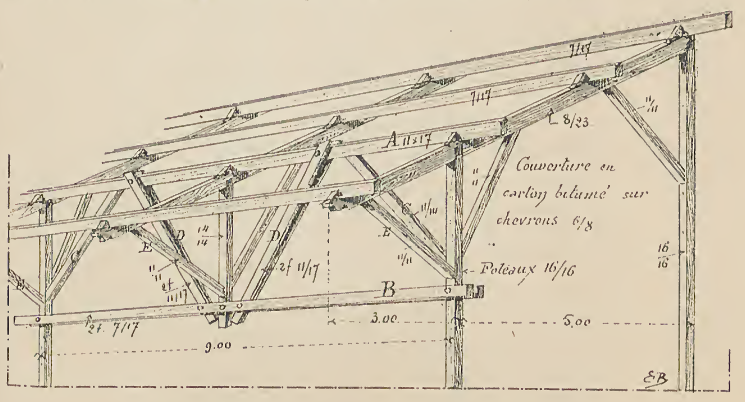


Fig. 690. — Appentis avec fausse-ferme.

Notre figure 690 montre un exemple de cette disposition, les poteaux espacés de 9 mètres sont réunis par une panne A et une moise B qui avec les contre-fiches C et les moises-tirants D forment la poutre armée. La saillie des arbalétriers qui est de 3 mètres est consolidée par des contre-fiches E qui reportent les charges sur les points d'appui.

Comble à deux versants. — L'appentis n'est en somme qu'une sorte de plancher incliné. Avec le comble à deux égouts

nous commençons la véritable charpente de comble avec emploi de fermes et des parties de construction les reliant entre elles.

On fait cependant des combles à deux longs pans sans fermes, c'est dans ce cas où les murs de refends sont assez rapprochés pour qu'il suffise de les terminer en pointe comme des fermes et de les réunir par des pannes (fig. 691); c'est ce genre qu'on appelle *comble sur pignons*. Ces pignons, on le comprend, peuvent être pleins ou ajourés par des baies ou par des arcs quelconques (fig. 692, 693).

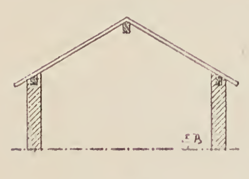


Fig. 691.
Comble sans ferme.

La ferme la plus élémentaire est formée tout simplement d'un entrait et de deux arbalétriers (fig. 694). Elle ne peut

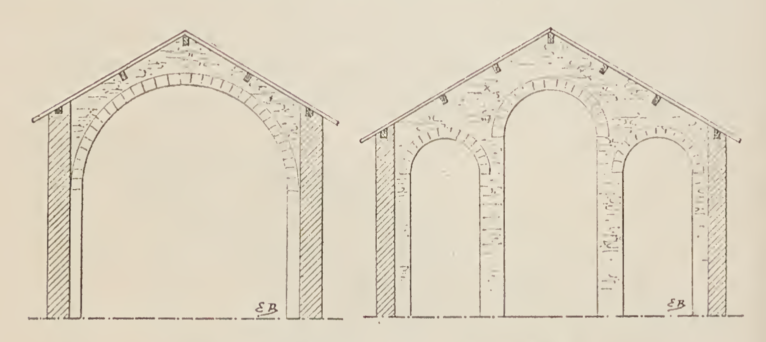


Fig. 692, 693. — Combles sur pignons.

évidemment convenir qu'aux petites portées, et l'assemblage du faîtage est dans ce cas beaucoup plus défectueux que si l'on

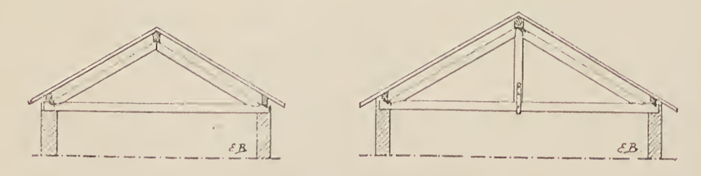


Fig. 694, 695. — Petites fermes.

emploie le poinçon sur lequel arbalétriers et faîtage trouvent un assemblage facile et solide (fig. 695).

M. G. Oslet donne dans son traité de charpente un modèle de petit comble économique dont presque tous les éléments

sont en planches. Ce type peut être utilisé pour des hangars ou abris provisoires dont la portée ne dépasse pas 6 mètres et qui sont couverts de matériaux légers (fig. 696, 697).

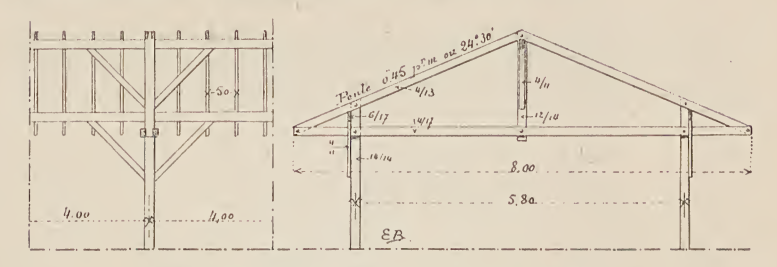


Fig. 696, 697. — Type de charpente légère.

Nous appelons l'attention de nos lecteurs sur la disposition des arbalétriers et de l'entrait dépassant les poteaux qui, constituant un triangle, rend inutile la contre-fiche maintenant le roulement.

Le comble qui vient immédiatement ensuite comporte, sur chaque versant, une panne avec ou sans contre-fiches, suivant que la pente est plus ou moins prononcée, et, surtout, suivant la portée des arbalétriers.

Comble ordinaire. — Dans ce comble chaque ferme est

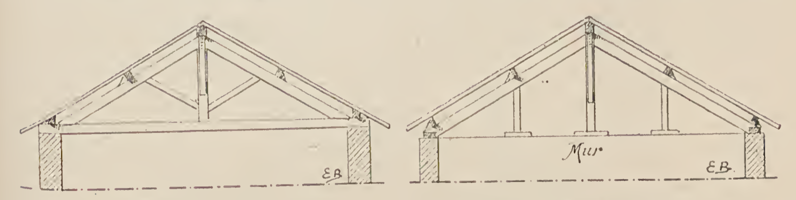


Fig. 698. — Comble rigide. Fig. 699. — Comble sur potelets.

une véritable poutre armée dont l'effort sur les murs doit s'opérer seulement dans le sens vertical, c'est-à-dire que cette ferme doit être indéformable (fig. 698). Si, comme il arrive parfois, on dispose d'un mur de refend, on peut simplement mettre des points d'appui verticaux ou *chandelles* sous les arbalétriers en supprimant les contre-

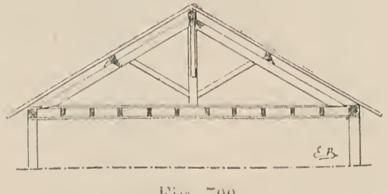


Fig. 700.
Ferme portant plancher.

fiches (fig. 699). Le même comble peut encore porter plafond, alors le solivage peut porter sur l'entrait qui fait ainsi soffite, ou bien être assemblé dessus (fig. 700).

Comble polygonal. — Il s'emploie dans les charpentes devant rester apparentes ou bien dans celles à entrait retroussé. Avec ce genre de comble on doit toujours compter sur une

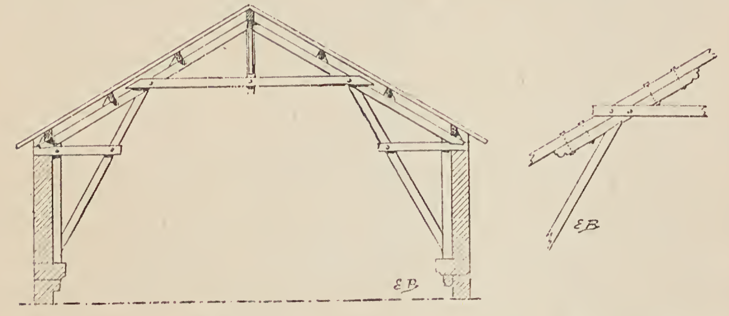


Fig. 701.
Comble polygonal.

Fig. 702. — Renforcement d'arbalétrier.

certaine poussée ; aussi convient-il de ne l'employer qu'entre deux bâtiments, entre murs solides (fig. 701) ou alors renforcer les arbalétriers comme nous l'indiquons (fig. 702).

Comble avec lanterneau. — Il est souvent nécessaire de

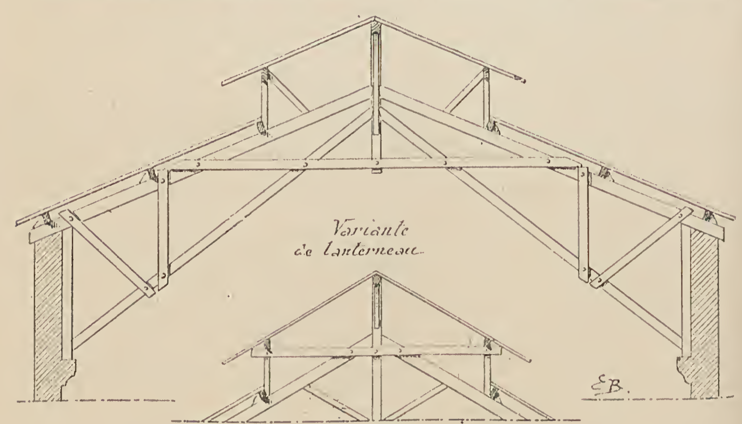


Fig. 703, 704. — Combles avec lanterneaux.

ventiler ou d'éclairer par la partie supérieure du comble l'emplacement couvert ; on a alors recours à une petite charpente

reposant sur les fermes et les pannes et qui laisse passer par la partie verticale, provenant de la différence de hauteur, l'air ou la lumière (fig. 703, 704).

Comble avec plancher suspendu. — C'est le cas qui se présente par exemple pour les grils dans les théâtres, mais qui peut fort bien aussi être employé pour planchers à grandes

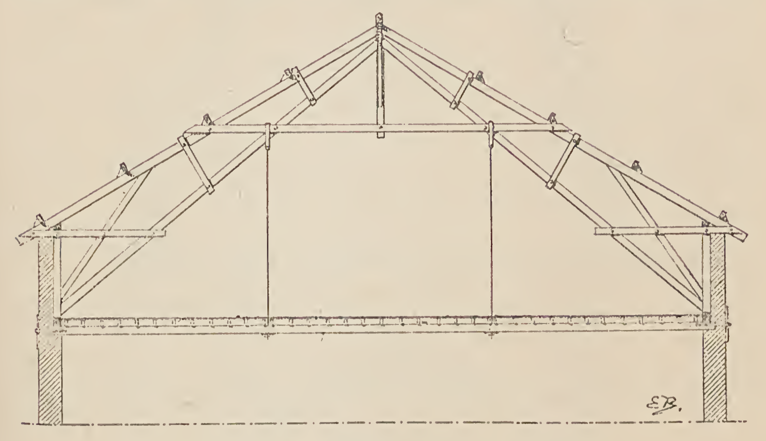


Fig. 705. — Comble avec plancher suspendu.

portées. Il suffit d'assurer à la ferme de solides points d'appui et une force suffisante. Le plancher est suspendu par des aiguilles en bois ou en fer placées de manière à reporter les charges sur les points d'appui (fig. 705).

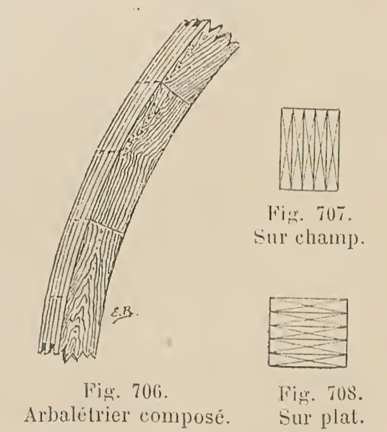


Fig. 706. Arbalétrier composé.

Fig. 707. Sur champ.

Fig. 708. Sur plat.

Combles cintrés. — La forme ogivale est la plus favorable à l'écoulement de l'eau ; on comprend qu'une toiture en plein cintre, par exemple, présente toujours en haut une partie presque horizontale qui devient une grande difficulté pour le couvreur. Plus fréquemment, la forme courbe est prise pour l'intérieur tandis que l'extérieur conserve la forme triangulaire composée d'arbalétriers rectilignes. Les fermes courbes se font de deux

manières : en les composant d'éléments à joints contrariés,

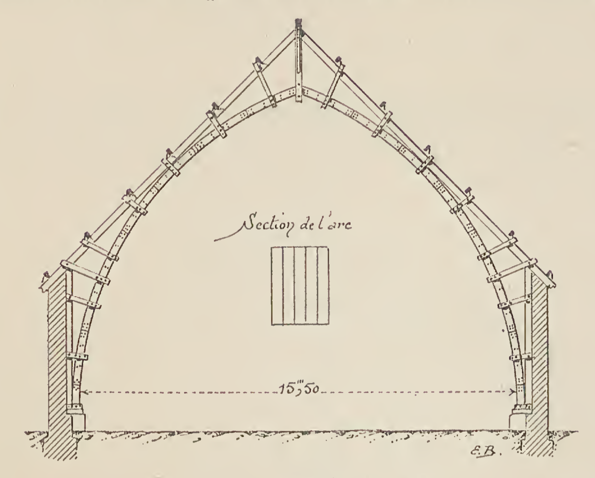


Fig. 709. — Comble en ogive.

généralement des planches (fig. 706) clouées, chevillées ou boulonnées. Suivant les cas, ces planches sont placées sur

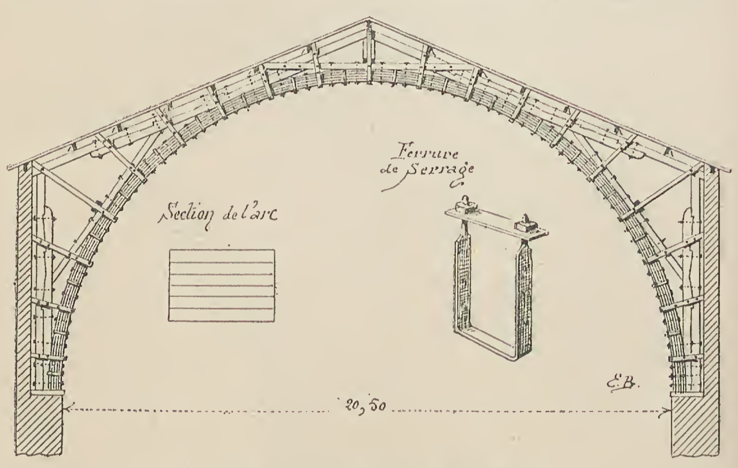


Fig. 710. — Comble en plein cintre.

champ (fig. 707) ou sur le plat (fig. 708). Voici (fig. 709, 710) des exemples de charpentes avec fermes cintrées, ogivale et plein cintre.

Combles sur poteaux. — Chaque fois qu'il est possible,

on doit recourir aux points d'appui verticaux et éviter les

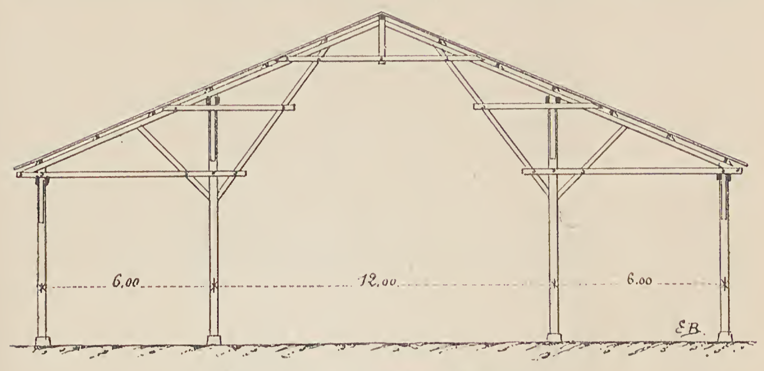


Fig. 711. — Comble sur poteaux.

grandes portées ; dans les combles devant couvrir des usines, les poteaux sont utiles pour porter les transmissions, les ponts

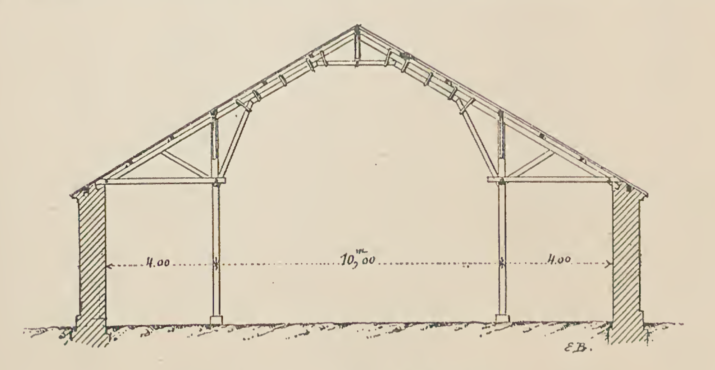


Fig. 712. — Comble sur poteaux.

roulants, etc. Nous en donnons donc quelques types variés (fig. 711, 712).

Combles Shed. — C'est par excellence le comble qui convient aux ateliers ; son but est d'augmenter la quantité de lumière devant éclairer un espace et d'éviter, en exposant la partie vitrée au nord, la trop grande vivacité des rayons solaires et d'obtenir une lumière diffuse et par suite plus constante. On ne peut nier que ces combles ont une forme bizarre ; comme ils sont généralement réunis par groupes, ils donnent parfaitement l'illusion d'une gigantesque lame de scie. La

figure 713 donne la forme schématique d'un groupe de Sheds.



Fig. 713. — Série de Sheds.

La construction en est fort simple, au moins pour les petites portées, comme on peut s'en rendre compte dans les figures 714, 715. Nous ne saurions trop appeler l'attention des constructeurs

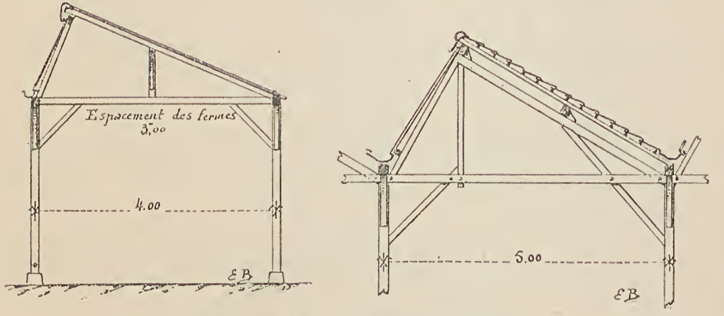


Fig. 714, 715. — Combles Sheds.

sur la nécessité de faire dans ce genre de combles un chéneau de très grandes dimensions en hauteur et en largeur. La forme du comble, favorable à l'éclairage, convient admirablement aussi pour favoriser les amas de neiges, il faut donc pouvoir

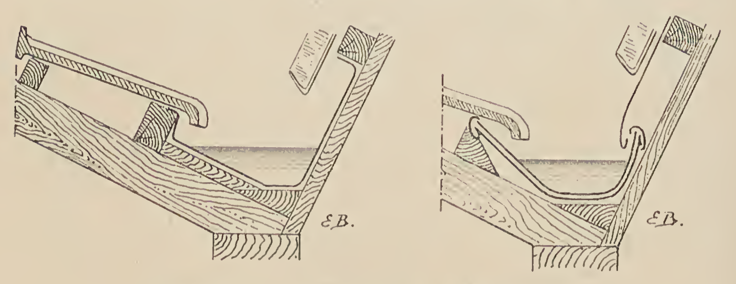


Fig. 716, 717. — Chéneaux de combles Sheds.

assez promptement les rejeter au dehors, et pour cela un large chéneau est indispensable. Voici (fig. 716, 717) deux sections de chéneaux. (Les plus employés sont ceux exécutés en fonte par la maison Bigot-Renaux.)

Combles à la Mansard. — L'architecte Mansard (1645-1708) a donné son nom à ces charpentes brisées, dont chaque ver-

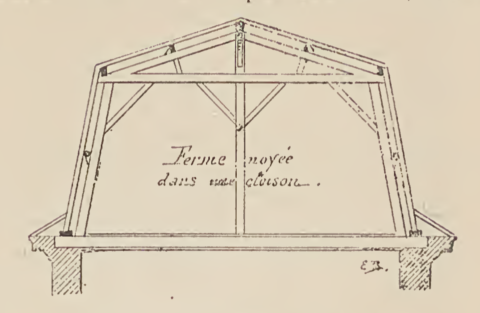


Fig. 718. — Comble à la Mansard.

sant est composé de deux pentes très différentes (fig. 718), qui

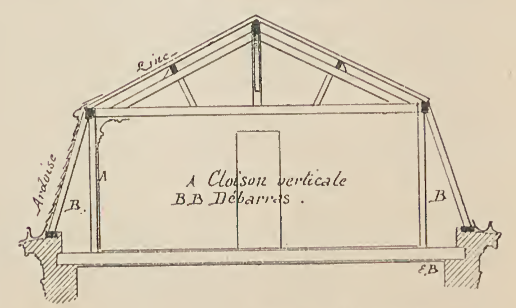


Fig. 719. — Comble à la Mansard.

se nomment, celle plus abrupte le *vrai comble;* et celle moins

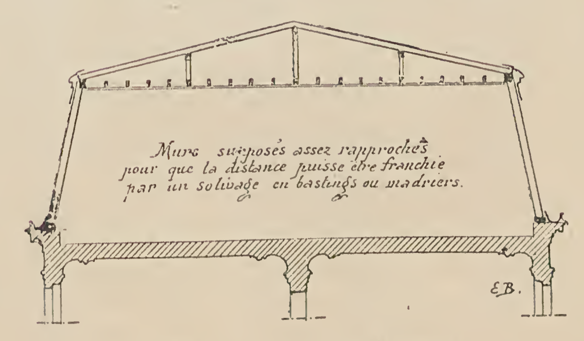


Fig. 720. — Comble à la Mansard.

inclinée, placée au-dessus, le faux comble. Cette disposition

présente cet avantage de pouvoir établir des pièces habitables (?) sans être obligé de donner une grande hauteur aux toitures; mais nous devons dire aussi que les locaux ainsi obtenus sont froids et humides en hiver, et souvent d'une chaleur insupportable en été. Voici (fig. 719, 720) quelques exemples de combles à la Mansard.

Du roulement. — Nous avons vu jusqu'ici les sections donnant la forme de chacun des différents combles, nous avons vu les moyens employés pour les empêcher de pousser sur les points d'appui ; nous avons vu aussi que tout le système est basé sur le triangle, parce que cette figure est la seule qui soit indéformable. Il nous reste maintenant à dire quelques mots de la manière dont on s'y prend pour rendre les combles solides dans le sens perpendiculaire aux fermes.

On comprend qu'une ferme, solide, bien construite et reposant seulement sur deux points d'appui, n'a, pas plus qu'un autre objet quelconque manquant de base, de raison pour se tenir debout, rien ne l'empêcherait donc de se coucher soit à droite, soit à gauche, si on ne prenait la précaution de trianguler dans le sens longitudinal comme on l'a fait dans celui transversal pour rendre la ferme rigide et ne faisant qu'un avec les poteaux.

Quand le bâtiment à couvrir comporte aux extrémités des murs pignons solides on peut ne pas contreventer la charpente, les fermes sont réunies entre elles par les pannes qui sont elles-

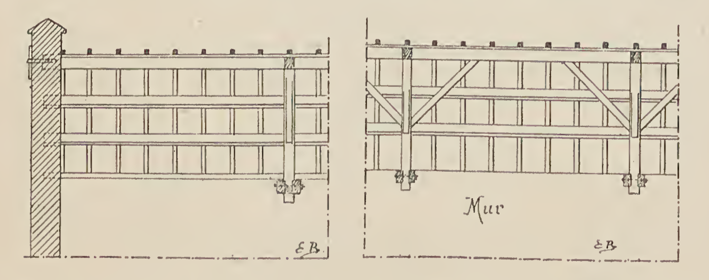


Fig. 721, 722. — Moyens employés contre le roulement des combles.

mêmes scellées dans les pignons (fig. 721). Quand la construction comporte des croupes, c'est-à-dire qu'elle est à plus de deux versants, le contreventement n'est nécessaire que si la longueur est très considérable. Enfin dans le cas le plus général, avec charpente libre, il suffit de mettre des liens au faîtage, et aux pannes si la portée est très grande. Les poteaux. s'ils ne

sont pas équerrés entre eux par un remplissage en maçonnerie, doivent être triangulés avec les pannes sablières (fig. 722, 723).

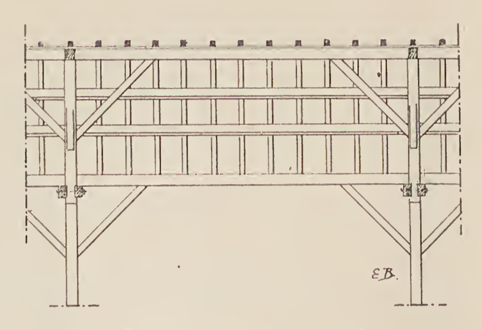


Fig. 723. — Equerrage longitudinal d'un comble.

Combles coniques, combles en coupole. — Dans ces combles, l'entrait peut être remplacé par un tendeur circulaire,

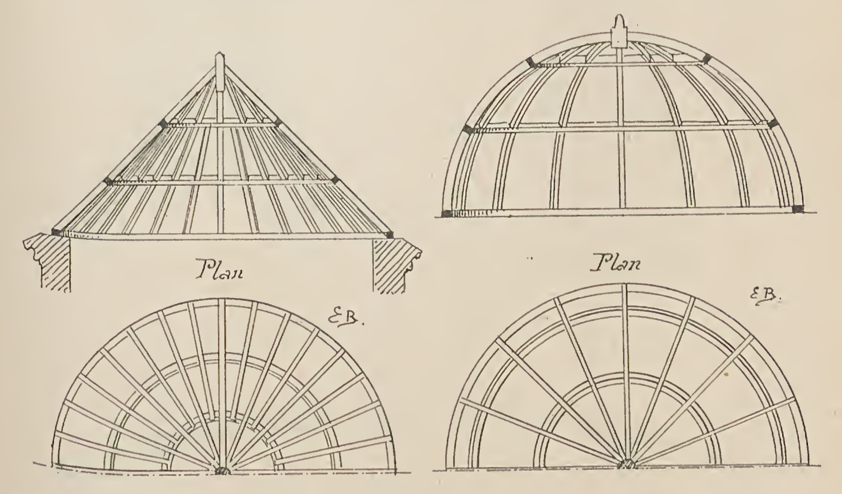


Fig. 724, 725, 726, 727. — Combles conique et en coupole.

ou couronne, sur lequel les éléments de comble reportent la poussée et par cela même s'équilibrent entre eux (fig. 724, 725, 726, 727).

Flèches de clochers. — Les charpentes de clochers se faisaient au moyen de pans composés de croix de Saint-André,

(fig. 728), ou bien avec poteau central ou grand poinçon (fig. 729).

Fig. 728, 729. — Flèches de clochers.

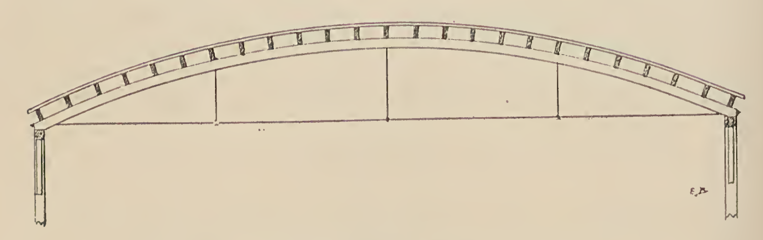


Fig. 730. — Hangar système Plomba, bois et fer.

Hangars économiques. — Les hangars que construit M. Pombla présentent un type parfaitement caractérisé. Ils sont

construits en bois et fer et les matériaux sont employés de la

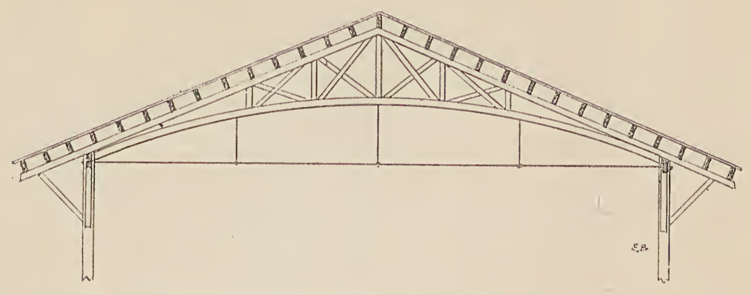


Fig. 731. — Hangar système Plomba, bois et fer.

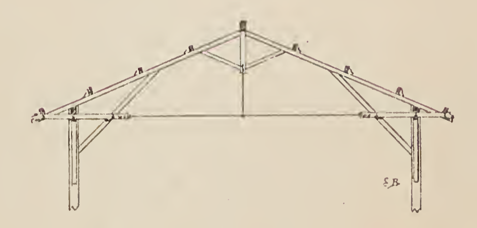


Fig. 732. — Comble économique, bois et fer.

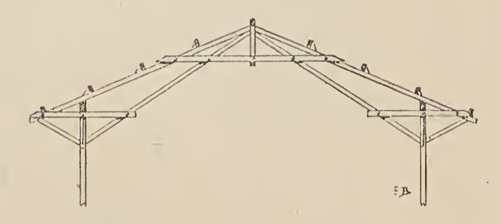


Fig. 733. — Comble économique.

manière la plus rationnelle (fig. 730) ; les figures 731, 732, 733, montrent différents systèmes.

ÉQUARRISSAGE DES BOIS DANS LES COMBLES

DÉSIGNATION DES PIÈCES	FERME SIMPLE Portée.		FERME A ENTRAIT RETROUSSÉ et ARBALÈTES allant du faite au tirant Portée.		FERME A ENTRAIT RETROUSSÉ et JAMBES DE FORCE Portée.		COMBLES A LA MANSARD Portée.	
	6m,00	12m,00	6m,00	12m,00	6m,00	12m,00	6m,00	12m,00
Tirant ne portant pas plancher	27 × 24	40 × 36	»	»	»	»	»	»
Tirant portant plancher	32 × 27	47 × 37	43 × 20	63 × 45	42 × 30	63 × 45	42 × 30	63 × 45
Entrait retroussé	»	»	21 × 19	33 × 30	21 × 19	33 × 30	23 × 20	36 × 33
Jambes de force	»	»	»	»	24 × 19	35 × 30	22 × 20	34 × 33
Arbalétriers	22 × 19	32 × 30	22 × 19	32 × 30	18 × 15	27 × 22	20 × 18	30 × 28
Poinçon	19 × 19	30 × 30	19 × 19	30 × 30	15 × 15	22 × 22	18 × 18	28 × 28
Contre-fiches et jambettes	16 × 16	21 × 21	15 × 15	22 × 22	14 × 14	18 × 18	14 × 14	18 × 18
Aisseliers	»	»	19 × 15	30 × 22	19 × 15	30 × 22	20 × 13	33 × 22
Faite	19 × 19	22 × 19	19 × 16	22 × 19	19 × 16	22 × 19	19 × 16	22 × 19
Liens de faite	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17
Pannes, tasseaux, chantignoles	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22
Liernes	»	»	»	»	19 × 19	22 × 22	20 × 20	23 × 23
Sablières	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28
Blochets	»	»	»	»	18 × 14	22 × 16	18 × 14	22 × 16
Chevrons	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11
Coyaux	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9
Chanlates	16 × 3	20 × 5	18 × 3	20 × 5	16 × 3	20 × 5	16 × 3	20 × 5

Les dimensions sont exprimées en centimètres. Le premier nombre indique la hauteur et le second la largeur; ils indiquent donc les pièces placées sur plat ou sur champ.

FERREMENTS DES COMBLES EN BOIS

Les ferrements d'un comble en bois sont extrêmement simples ; ils se composent : 1° de plates-bandes à talons (fig. 734, 735) qui servent à assembler les pannes entre elles ; 2° de boulons avec rondelles (fig. 736). Les ron-

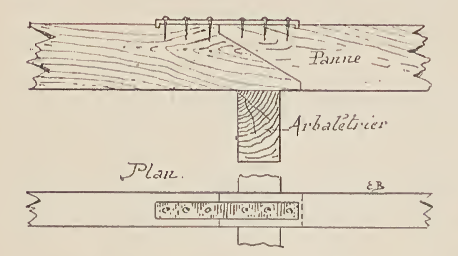


Fig. 734, 735. — Plate-bande à talons.

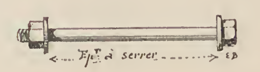


Fig. 736. — Boulon.

delles ont pour but d'empêcher les têtes de boulons de pénétrer dans le bois, en répartissant la pression sur une plus grande surface. (Voir aussi les étriers, clameaux, plaques, etc., que nous traitons en parlant des planchers en bois, des combles fer et bois, etc.)

CHAPITRE VIII

CHARPENTE MÉTALLIQUE

Planchers en fer. — Fer. — Dispositions. — Diverses sections de fers employés. — Fers à rainures; système Chocarac. — Emploi de l'acier. — Entretoisement des solives. — Hourdis en plâtras et plâtre. — Côtes de vaches ou fentons. — Boulons. — Hourdis en mortier et moellon. — Hourdis en carreaux de plâtre. — Hourdis en terre cuite. — Hourdis en brique pleine et creuse. — Voûtains. — Hourdis décoratifs. — Hourdis monolithes. — Voûtains métalliques. — Poids de divers systèmes. — Chevêtres. — Linteaux. — Jumelles. — Pose des solives.

Planchers assemblés. — Assemblages des solives sur poutres.

Linteaux, filets, poitrails. — Linteaux à griffes. — Linteaux entretoisés. — Linteaux apparents. — En fer carré. — Filets, poitrails.

Poutres pleines. — Poutres à une seule âme sans tables. — Poutres à une seule âme avec tables. — Poutres à deux âmes.

Poutrelles à goussets et à croisillons. — Poutrelles à goussets. — Poutrelles a croisillons. — Divers modèles.

Chaînage. — Définition, utilité. — Chaînage des caves. — Tirants plates-bandes. — Joints. — Ancrages. — Chaînage à lanterne. — Chaînage entre ailes de bâtiment. — Chaînage des pierres.

Pans de fer. — Description. — Composition d'un pan de fer. — Montants intermédiaire et cornier. — Semelles. — Sablières. — Assemblage des montants sur sablière. — Assemblage des montants d'une sablière sur poteau cornier. — Entretoises. — Forces des fers employés. — Pans de fers légers. — Montants composés. — Montants en fonte.

Escaliers en fer. — Avantages. — Tracé d'épure. — Différentes sections de limons. — Limons droits. — Limons à crémaillère. — Joints des limons. — Limons ajourés. — Faux-limons. — Différentes sections de marches. — Marches en fer et maçonnerie. — Marches en pierre. — Marches en bois. — Marches en bois et fer. — Marches démontables. — Exemples. — Marches entièrement en fer. — Paliers droits. — Paliers de repos. — Paliers biais. — Paliers sur montants. — Paliers en encorbellement. — Assemblages de limons sur paliers. — Rampes et mains-courantes. — Barreaux à col de cygne. — Rampes à pitons. — Barreaux montés à crampons.

Escaliers en fonte. — Genre d'escalier auquel la fonte convient. — Exemples.

Combles métalliques. — Genres de combles. — Inclinaisons. — Différentes formes de combles. — Composition d'une charpente. — Combles en

appentis. — Combles sans fermes. — Combles sur poutres. — Charpentes économiques. — Combles entre murs. — Combles en chevrons. — Couverture constituant charpente. — Combles avec tirant supérieur. — Fermes avec tirant et poinçon. — Fermes avec faux entrait. — Fermes polygonales. — Ferme Polonceau. — Détails. — Section des différentes pièces. — Calculs. — Fermes à contre-fiches obliques. — Sections des pièces. — Combles Sheds. — Détails. — Combles à la Mansard. — Combles pyramidaux. — Combles curvilignes. — Fermes décoratives. — Combles roulants et tournants. — Du contreventement.

Le rôle que joue le fer dans nos construction modernes est très considérable. Il remplace maintenant le bois dans presque tous ses emplois, les planchers en bois ne se font plus qu'exceptionnellement et bientôt on pourra en dire autant des combles.

PLANCHERS EN FER

Le fer, outre ses qualités de résistance, du peu d'épaisseur qu'il permet de donner aux planchers, par son incorruptibilité dans les parties encastrées, autorise le scellement des solives dans les murs mitoyens, où l'on ne peut, avec le bois, sceller que les poutres maîtresses portants chevêtres.

Les solives en fer utilisées dans le chaînage général d'un bâtiment donnent une sécurité beaucoup plus grande que celles en bois portant des ancres, parce que celles-ci deviennent rapidement vermoulues et alors l'ancrage est, on nous l'accordera, bien compromis ; de plus, en admettant que le bois conserve toute sa vigueur, reste sain, ne peut-on pas admettre que sous l'effort d'une traction lente et considérable, le bois cède et se refoule sous la pression du boulon ? Il se produit alors une tension d'autant plus forte que les murs ont déjà commencé à pousser et soumettent le chaînage à une fatigue excessive qui peut être fatale à la construction.

Les planchers en fer, disposés suivant les exigences du plan, sont, comme ceux en bois, composés de solives, chevêtres, filets, etc. Ils en diffèrent par l'écartement beaucoup plus considérable des solives qui, dans les planchers en bois, se trouvent placées de $0^m,30$ à $0^m,40$ d'axe en axe, tandis que dans ceux en fer les écartements de solives limités par la hauteur disponible (épaisseur du plancher) et par la charge à porter, varient de $0^m,50$ à 1 mètre d'axe en axe.

Avec l'emploi du fer dans les planchers les dangers d'incendie sont diminués, et le constructeur n'a pas à se préoccuper des

distances réglementaires pour les passages de fumée ou les précautions à prendre pour les âtres.

Diverses formes de fers employés dans la construction des planchers. — Quoiqu'en général on emploie le fer à double T, nous devons dire qu'on peut aussi employer :

1° Le fer *méplat* sur champ, bien que sa section soit loin d'être aussi favorable à la résistance à la flexion, que celle du fer double T ; il peut être employé dans la confection d'un plancher hourdé en plâtras et plâtre, ou moellon et mortier, avec entretoises ou tirants ; le hourdi le maintient latéralement sur toute sa longueur et le fait travailler dans les meilleures conditions, étant donnée sa forme ;

2° Les rails de chemin de fer, à double champignon, à champignon et patin, sont quelquefois employés ; si, par suite d'un marché avantageux, on peut se procurer ces fers à bas prix, comme il arrive pour les rails hors d'usage, ils peuvent encore constituer d'assez bons planchers, mais pour des petites portées seulement, ou des linteaux ; leur section, plus propice que celle du fer plat, est cependant, en considérant le poids, défectueuse à cause de leur faible hauteur : 0m,13 environ ; il est vrai qu'on peut les doubler, en rivant, en boulonnant les patins l'un sur l'autre, mais on comprend qu'alors, la masse provenant des deux patins réunis, se trouvant sur la ligne neutre, ne travaille plus, et que c'est un poids de fer considérable, non seulement immobilisé, mais qui vient encore charger inutilement le plancher qui doit déjà supporter une charge donnée.

Les fers Λ, dits fers Zorès, renforcés au fond et aux patins, légers dans leurs côtés latéraux, se présentent dans d'assez bonnes conditions, mais sont surtout propres à recevoir les voûtains (fig. 787).

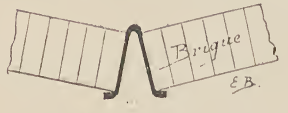


Fig. 737.
Solive en fer Zorès.

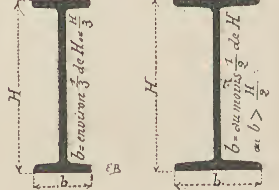


Fig. 738, 739.
Solives en fer double T.

Les portées des fers sur les murs doivent toujours être d'au moins 0m,20.

Fers à double T. — Les fers I employés dans la confection des planchers se divisent en fers ordinaires et en fers à larges

ailes (fig. 738, 739). La partie verticale prend le nom d'*âme* et les parties horizontales sont appelées *ailes*.

Nous avons dit que les fers I composant les planchers étaient espacés de 0m,50 à 1 mètre, suivant le genre de construction, la moyenne en effet la plus généralement employée est de 0m,75.

On trouvera à *Résistance des matériaux* les profils correspondant à toutes les charges.

FERS DOUBLE T A RAINURES

M. Chocarne, l'inventeur, s'est proposé en créant ce nouveau profil d'éviter les crevasses et décollements qui se produisent souvent au droit des solives dans les plafonds des habitations.

Ce profil est relativement nouveau et en 1895 nous avons été chargé d'établir, au nom de la 4e section de la Société centrale des architectes, un rapport sur les avantages que pouvaient présenter ce nouveau fer (fig. 740).

D'application récente, il nous était impossible de nous renseigner auprès de nos confrères sur les résultats obtenus et nous avons demandé au concessionnaire de nous laisser procéder à des expériences propres à fixer la supériorité que peut avoir, au point de vue de l'adhérence du plâtre, la solive à rainures sur la solive ordinaire à patin uni, tant comme arrachement que comme décollement par suite de flexion.

Pour expérimenter l'adhérence, nous avons pris une barre que nous avons fait couper en deux, — pour avoir exactement le même échantillon de fer et la même largeur d'attache du plâtre, — puis sur le côté uni (fig. 741) de l'un des morceaux et sur le côté rainé de l'autre (fig. 742) nous avons fait couler du plâtre dans huit petits moules d'environ 60 millimètres de

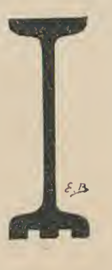


Fig. 740.

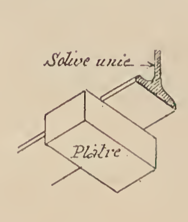


Fig. 741.

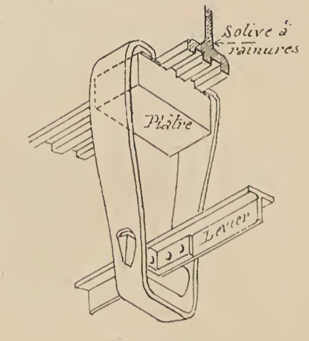


Fig. 742.

largeur, en ménageant latéralement des saillies pour attacher l'appareil d'expérience.

Pour le décollement, nous avons pris deux solives, une ordinaire et une rainée, puis, les bordant de deux règles nous avons établi sur toute la longueur une charge de plâtre de $0^{m},03$ d'épaisseur, sans saillies latérales.

Le tout ainsi préparé, nous avons laissé le plâtre sécher pendant quinze jours, puis, nous avons procédé aux expériences, qui ont donné les résultats que nous indiquons dans le tableau ci-dessous :

Nos des cubes.	Largeur du fer.	Largeur du cube.	S en centimètres.	p en kilos.	*m*.	*n*.	R.	R + 10	Adhérence par centimètre carré.
				FER ORDINAIRE UNI					
1	0,047	0,058	27,26	5.500	0,73	0,10	40,150	50,150	1.839
2	»	0,058	27,26	0.000	0.00	»	0,000	10.000	0,366
3	»	0,066	31,02	2.500	0,83	»	20,750	30,750	0,991
4	»	0,066	31.02	2.500	0,62	»	15,500	25,500	0,822
5	»	0,060	28.20	2,500	0.31	»	7.750	17,750	0.631
6	»	0.056	26.32	2.500	0.34	»	8,500	18,500	0,703
7	»	0.054	25.38	2.500	0,86	»	21,500	31,500	1,241
8	»	0,058	27,26	2,500	0,45	»	11,250	21,250	0,778
									7,371
				FER A RAINURES					
1	0.047	0.056	26,32	10,500	0,76	0,10	79,800	89,800	2,791
2	»	0,057	26,79	10.500	0,91	»	95,550	105,550	3,939
3	»	0,060	28,20	10,500	1,08	»	113,400	123,409	4.396
4	»	0,066	31,02	10.500	1,14	»	119,700	129,700	4,028
5	»	0,057	26,79	10,500	1,10	»	115,500	125,500	4,684
6	»	0,057	26,79	10.500	1.17	»	122,285	132,285	4,964
7	»	0,052	24,44	10.500	0,86	»	90,300	100,300	4,103
8	»	0,057	26,79	10.500	1,05	»	110,250	120,250	4.488
									34,394

Nous ne nous sommes préoccupé que de la question d'adhé-

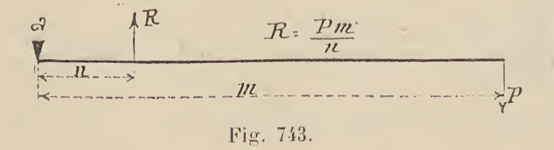


Fig. 743.

rence du plâtre comparativement sur les deux espèces de profils, non de sa résistance propre, qui n'était pas en cause, cette

résistance pouvant varier avec la nature du plâtre, sa provenance, son grain, son gâchage, etc.

L'appareil employé est un levier du second genre (fig. 743,

Fig. 744.

744), c'est-à-dire que la résistance se trouve placée entre la puissance et le point d'appui. Poids de l'appareil : 10 kilos.

Si nous comparons maintenant les résultats obtenus dans les deux séries d'expériences, nous trouvons :

Solive unie : $\frac{7^{kg},371}{8} = 0^{kg},921$, adhérence par centimètre carré.

Solive à rainures : $\frac{34^{kg},393}{8} = 4^{kg},299$, adhérence par centimètre carré.

L'adhérence est donc de plus de quatre fois et demie plus grande avec le nouveau profil, et, de plus, nous devons noter que dans la deuxième série d'expériences il n'y a pas eu de décollage complet, le plâtre n'a pas quitté les rainures, le petit cube s'est brisé et la partie de plâtre A est chaque fois restée adhérente, ce qui paraît démontrer l'inutilité de rainures à queue, d'ailleurs ne pouvant être obtenues au laminage.

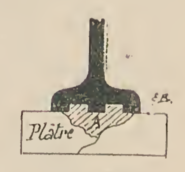


Fig. 745.

Pour les expériences de décollement du plâtre par suite de flexion et, par conséquent, d'allongement de la solive, elles ont été faites comme il est dit ci-après :

Solive unie. — La solive, placée sur deux points d'appui écartés de $3^{m},91$, avait une flèche de $0^{m},015$. Actionnée au milieu par un vérin, la solive a fléchi de 6 millimètres, et, à ce moment, le plâtre s'est absolument détaché sur une longueur de $2^{m},53$, les parties extrêmes restant adhérentes, parce que la flexion maximum du fer ne s'était prononcée qu'au milieu.

Solive à rainures. — La solive placée dans les mêmes conditions que la précédente, le plâtre s'est comporté de la manière suivante :

La solive avait une flèche de 12 millimètres Actionnée au

milieu par un vérin, il s'est produit : avec 10 millimètres de flexion quatre fissures ; avec 20 millimètres, cinq fissures ; avec 30 millimètres, trois fissures ; avec 40 millimètres, quatre fissures ; en tout, seize fissures.

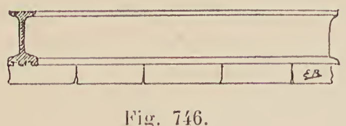


Fig. 746.

Pendant cette flexion, le plâtre s'est fendu, mais est toujours resté adhérent.

Ces expériences nous ont parfaitement convaincu, et nous n'hésitons pas à conseiller l'emploi de ce fer, parce que le résultat ne peut être que meilleur.

On ne peut, en effet, trouver que des avantages avec les solives à rainures, pour les raisons suivantes :

1° Les poids au mètre sont inférieurs à ceux des solives ordinaires en fer I.

2° La résistance (à poids inférieur) est plus grande par suite de l'augmentation de hauteur (125 millimètres au lieu de 120, 145 millimètres au lieu de 140, etc.) obtenue en prenant de la matière sur l'âme, où le travail est restreint, pour la reporter sur le patin inférieur et constituer les trois baguettes.

3° Économie de poids et, par conséquent, de dépense.

Prenant les fers I, qui se trouvent présenter, au double point de vue du poids et de la résistance, le moins de désavantages avec les solives à rainures, ceux des forges de Maubeuge, nous trouvons :

Maubeuge : fer I, $\frac{140 \times 47}{6}$; poids, 12k500 ; $\frac{i}{n} = 0{,}000064902$.

Travaillant à 6 kilos, sur une portée de 4 mètres, ce fer porte 778 kilos.

Chocarne : fer I, $\frac{146 \times 47}{5\,1/4}$; poids, 12 kilos ; $\frac{i}{n} — 0{,}0006538$.

Travaillant à 6 kilos, sur une portée de 4 mètres, ce fer porte 784 kilos.

Est-ce à dire que le simple emploi des solives à rainures supprimera radicalement les crevasses qui se produisent dans les plafonds ? Évidemment non.

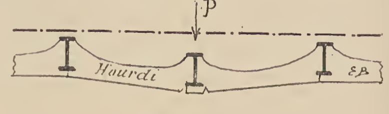


Fig. 747.

Les crevasses sont causées par la différence d'élasticité entre le fer et le plâtre, considérable dans le premier, nulle dans le second ; par un calage défectueux, qui permet l'affaissement d'une solive ; par l'action d'une forte charge temporaire ou d'un choc P en un point qui n'intéresse qu'une seule solive, la fait

fléchir et brise le plâtre suivant une ou deux lignes parallèles, selon que le plâtre reste adhérent à la solive ou est décollé et ne tient plus qu'à un des côtés du plafond; le plus souvent, par suite d'insuffisance de résistance de la solive, à laquelle on demande un travail trop considérable, et qui fléchit et se relève sans pouvoir être suivie sans brisure par le plâtre, lequel n'a qu'une élasticité négligeable.

La solive à rainures, avec ses qualités d'adhérence, nous paraît donc présenter un appoint de sécurité ; mais on n'évitera jamais les fissures qu'en donnant aux fers une section en rapport avec les charges et surcharges qu'ils sont appelés à supporter.

EMPLOI DE L'ACIER DANS LA CONSTRUCTION DES PLANCHERS

L'emploi de l'acier, dont la résistance est plus considérable que celle du fer, paraît tout d'abord présenter quelques avantages au point de vue de l'économie. En effet, alors qu'on fait couramment travailler le fer à 8 kilogrammes, on porte volontiers le travail de l'acier à 10 et 12 kilogrammes, d'où économie de matière et économie de dépense, l'écart entre le prix du fer et celui de l'acier étant relativement minime.

Mais si l'on considère la différence qui existe entre les facultés d'élasticité du fer et de l'acier, on est amené à reconnaître que l'emploi de ce dernier travaillant dans un plancher à un coefficient supérieur à celui qu'on imposerait au fer peut donner lieu à de graves mécomptes dans certains cas déterminés.

En effet, si nous prenons un plancher composé de poutrelles d'acier, hourdé et plafonné, et que nous imposions au métal un travail de 12 kilogrammes par exemple, il se produira, sous une charge accidentelle, une flèche temporaire considérable, le plafond suivra naturellement la solive et se relèvera avec elle après la disparition de la charge cause de la flexion ; mais, pendant cette dépression, il se sera fendu sur tout ou partie de la longueur de la solive et le plâtre recouvrant le métal se détachera et tombera, laissant le fer apparent.

Pour ces raisons, nous pensons que l'on ne doit employer l'acier dans un plancher plafonné qu'en le faisant travailler au même coefficient que le fer. On obtiendrait ainsi un surcroît de rigidité qui empêchera les crevasses de se produire dans les plafonds.

Entretoisement des fers à plancher. — L'entretoisemen

se fait de différentes manières suivant le mode de hourdis employé pour remplir l'espace entre les solives, et même parfois n'existe pas ; dans le cas de voûtains par exemple.

1er *cas*. **Hourdis en plâtras et plâtre.** — C'est le plus communément employé ; l'écartement des solives étant d'environ 0m,75, ces dernières sont réunies de mètre en mètre par des

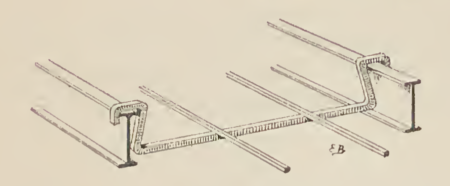


Fig. 748. — Solives entretoises et fentons.

entretoises en fer carré de 0m,014 à 0m,016, forgées et s'agrafant sur les solives ; ces entretoises portent ordinairement deux ou trois *fentons*, suivant l'écartement des solives. Ces *fentons* ou *côtes de vache*, ou *carillons*, sont de petits fers carrés variant de 0m,007 à 0m,009 et 0m,011 qui se posent sur les entretoises parallèlement aux solives ; leur écartement maxi-

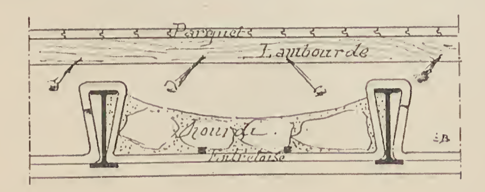


Fig. 749. — Section d'un plancher hourdé.

mum ne doit pas dépasser 0m,20. Ces petits fers ne travaillent autrement que comme *liant* donné au hourdis ; ils le solidarisent parce que le plâtre grippe fort bien sur ces fers rugueux et dont les surfaces oxydées sont favorables à son attache (fig. 748).

Le hourdis en plâtras et plâtre se fait en plaçant sous les solives un plancher provisoire, en planches d'échafaudage qu'on supporte par des traverses soutenues par des poteaux verticaux ; on coule du plâtre entre les solives en y entremêlant des plâtras exempts de bistre (suie), puis on coule encore du plâtre auquel on donne à la truelle la forme d'auget arrondi en creux, comme l'indique notre dessin (fig. 749).

La dilatation produite par le plâtre en séchant est telle que les murs pignons eux-mêmes seraient déplacés par cette poussée lente. Aussi, pour éviter cet inconvénient très grave, on ne hourde pas entièrement la dernière travée près du mur, se réservant de faire le calfeutrement seulement après que le plâtre a fait tout son effet. La poussée de la partie de plâtre en remplissage est alors négligeable.

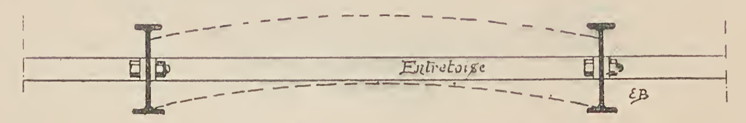


Fig. 750. — Entretoisement en fer plat.

Quand le plancher doit recevoir un carrelage, le hourdis n'est pas fait en augets, il affleure les fers et est alors dit « hourdis plein ».

On fait aussi l'entretoisement en fer plat boulonné (fig. 750), en fer carré coupé de longueur, reposant simplement sur les ailes du fer (s'emploie pour les planchers en fers larges-ailes seulement, fig. 751); en petit fer I assemblé à équerres, en fer plat, chantourné aux extrémités pour former griffes.

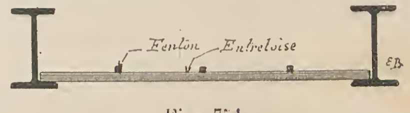


Fig. 751.
Entretoise coupée de longueur.

2e *cas.* **Hourdis en mortier, et débris de moellon et meulière.** — Les planchers hourdés en mortier se font généralement pleins; c'est surtout au rez-de-chaussée qu'ils s'emploient parce qu'ils doivent alors recevoir un carrelage ou une

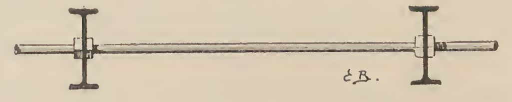


Fig. 752. — Entretoisement par boulons.

aire en ciment. L'entretoisement peut être le même que pour le hourdis en plâtras et plâtre, mais plus souvent on emploie les boulons d'écartement, chevauchés et écartés entre eux de mètre en mètre sur lesquels on peut poser au besoin des fentons (fig. 752), droits ou à crochets (fig. 753). En employant le boulon d'entretoise. on peut ne plus tenir compte du gonflement du plâtre, puisque la poussée qui en résulte se traduit par une

tension des boulons sans pouvoir changer l'écartement adopté pour les solives. Le cintrage, pour le hourdis en mortier, se fait de la même manière que pour le hourdis en plâtras et plâtre, c'est-à-dire qu'on place sous les solives des planches d'échafau-

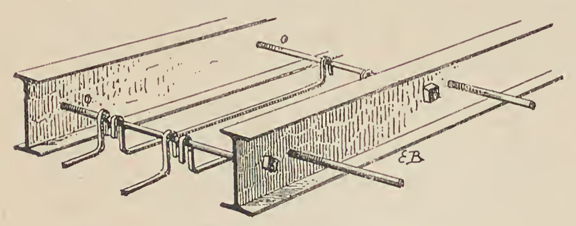


Fig. 753. — Entretoisement par boulons.

dages sur lesquelles on fait une maçonnerie horizontale avec des garnis de meulière ou de moellon dur, hourdée en mortier de chaux hydraulique avec addition de ciment. Le hourdis en mortier a l'inconvénient de prendre beaucoup plus lentement que celui en plâtre, mais par contre il est beaucoup plus réfractaire à l'humidité et ne donne pas un gonflement parfois dangereux comme le plâtre.

3e *cas*. **Hourdis en carreaux de plâtre**. — Les hourdis en carreaux de plâtre se font creux, et par conséquent plus légers que ceux en plâtras et plâtre, les vides occupant 30 à 40 p. 100 environ du volume. MM. Paupy frères en fabriquent dans lesquels le dessous du fer est laissé isolé ; la solive peut se dilater librement.

4e *cas*. **Hourdis en terre cuite**. — Ce procédé est d'une excessive variété dans la forme.

Les principales dispositions sont :

1° De grandes briques (creuses dans le sens transversal des solives) droites, biseautées aux extrémités et de 0m,08 d'épaisseur ;

2° Briques cintrées, creuses dans le même sens que les

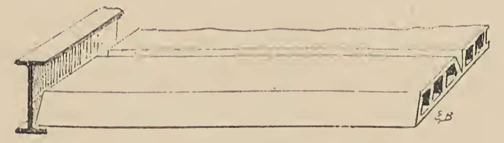


Fig. 754. — Hourdis Perrière.

solives, biseautées de même aux portées (système Perrière aîné, fig. 754, 755, 756, système Verdier).

3° Briques tubulaires formant voûte (système Cartaux, fig. 757).

4° Citons enfin les magnifiques produits de l'usine Muller.



Fig. 755. — Hourdis Perrière.

Entrevous courbes et creux, les entrevous creux à couvre-joints, et en plusieurs pièces (fig. 758).

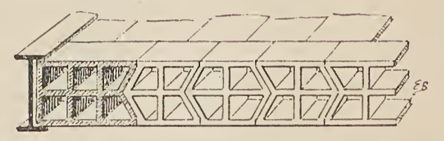


Fig. 756. — Hourdis Verdier.

Les hourdis légers, creux, à compartiments et arc intérieur (fig. 759).

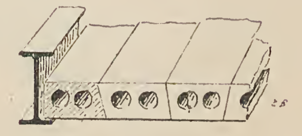


Fig. 757. — Hourdis Cartaux.

Planchers voûtés en brique pleine. — Ce mode de faire est très usité pour les ponts, les planchers d'usines, et en gé-



Fig. 758. — Entrevous Muller.

néral partout où on a à supporter des charges considérables ; nous avons dit que les fers Zorès se prêtaient bien à ce genre

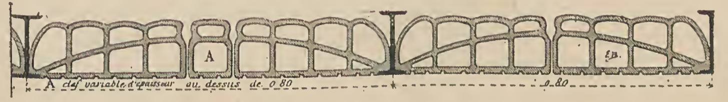


Fig. 759. — Entrevous Muller.

de plancher, mais on fait aussi des briques spéciales dites *sommiers* qui s'adaptent dans le fer double T et reçoivent la butée.

On comprend de même que, quelle que soit la nature du hourdis employé, plâtre, mortier ou ciment, le remplissage se

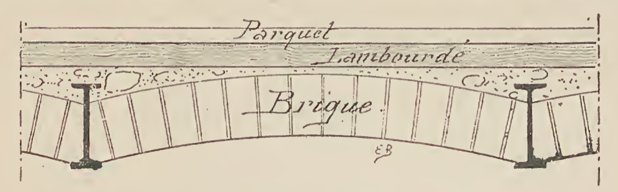


Fig. 760. — Voûtains en briques pleines.

fait avec la plus grande facilité, et la butée remplissant bien le fer donne toute la sécurité désirable (fig. 760).

Planchers hourdés et voûtés en briques creuses. — Ces hourdis se font en brique, à 2, 4 ou 6 trous posées horizontalement. Du reste, l'épaisseur du hourdis varie avec le plancher qu'on veut obtenir ; on prendra donc l'échantillon de brique convenant mieux dans chaque cas particulier (fig. 761).

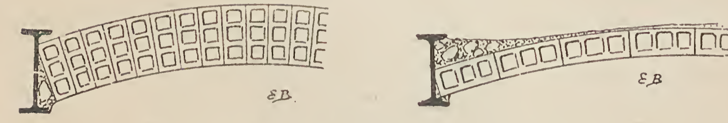


Fig. 761, 762. — Voûtains en briques creuses.

Le voûtain en brique assure au plancher une résistance beaucoup plus grande ; les épaisseurs varient comme dans le cas précédent suivant les conditions que doit remplir le plancher (fig. 762).

Hourdis décoratifs. — On peut, d'une manière relativement économique, obtenir des plafonds décoratifs avec les pan-

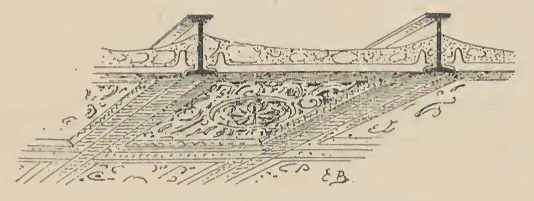


Fig. 763. — Hourdis décoratifs.

neaux de terre cuite formant caissons. Ces panneaux peuvent être légers parce que rien n'est plus simple que de les renforcer

par une ou plusieurs nervures, et aussi donner au panneau lui-même la forme d'un arc (fig. 763).

5° *cas*. **Hourdis monolithes**. — On nomme ainsi les hourdis moulés sur place et d'une seule pièce ; on obtient la forme décorative qu'on désire : caissons, solivages, profils, etc.

6° *cas*. **Voûtains métalliques**. — Ce mode de voûtain ne

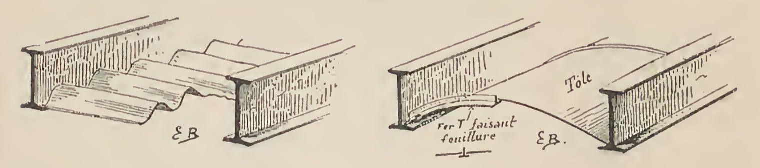


Fig. 764, 765. — Voûtains métalliques.

nécessite pas de cintre, celui-ci étant fait par une tôle ondulée (fig. 764) ; par une tôle cintrée posée dans la feuillure d'un fer T

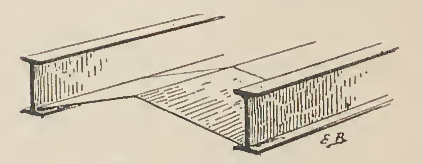


Fig. 766. — Voûtain métallique.

(fig. 765) ; ou encore simplement par une tôle coudée et reposant de même dans un fer T (fig. 766).

On peut encore faire un hourdis décoratif très solide en employant des panneaux en fonte formant caissons comme ceux en terre cuite, mais présentant une solidité beaucoup plus considérable.

Les voûtains métalliques conviennent surtout aux hourdis lourds, aires en béton, en mortier, ou en plâtre, qui ont ainsi tout le temps nécessaire pour faire prise puisque le cintrage, constitué par le cintre en métal, est fixe par destination.

Jumelles. — Quand une cloison légère est construite dans le même sens que les solives, on place directement au-dessous deux solives juxtaposées auxquelles on donne le nom de *jumelle* (fig. 767).

Pose des solives. — Nous avons dit plus haut que les solives devaient avoir au moins $0^{m},20$ de portée sur les murs ; nous

devons ajouter que dans un travail bien fait, chaque solive devrait reposer sur une plaque de tôle de manière à répartir la pression sur une grande surface, mais on peut presque toujours

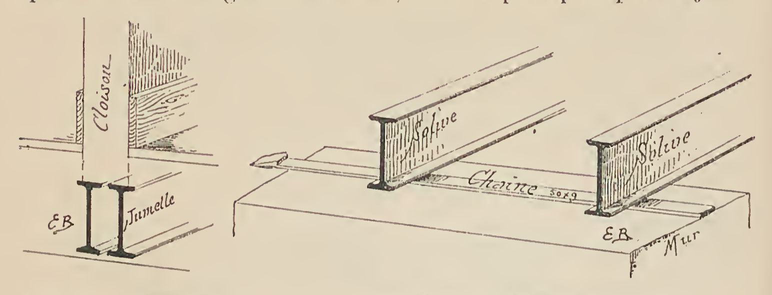


Fig. 767. — Jumelle.

Fig. 768. — Repos de solives.

obtenir un économique et bon résultat en faisant simplement reposer les solives sur la *chaîne* préalablement posée ; les fers trouvent un bon appui, et la chaîne chargée travaille dans de meilleures conditions (768).

Fig. 769. — Ensemble de plancher de fer.

Voici à titre d'exemple un ensemble de plancher construit suivant les données que nous venons d'exposer plus haut. C'est

un plancher simple ; c'est-à-dire que les solives ne sont pas assemblées (sauf pour la cage d'escalier) et qu'elles portent sur le chaînage (fig. 769).

On voit sur ce croquis le chaînage proprement dit dont les ancres sont désignées par la lettre A. Ce chaînage est complété en utilisant les solives assemblées entre elles par des plaques P (*éclisses*) et dont les ancrages sont indiqués en A'.

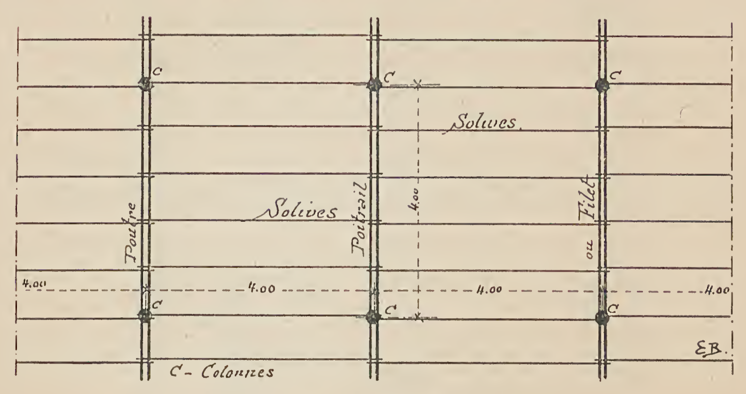


Fig. 770. — Solivage sur poutres.

Dans les grands espaces sans murs, on fait porter les solives sur des poutres, et, quand les points d'appui ne sont pas un inconvénient grave, on soulage ces poutres par des colonnes (fig. 770).

Il va sans dire que la portée des fers, quand ceux-ci reposent sur des poutres en métal, peut être considérablement réduite, les accidents d'écrasement qui peuvent se produire sous une solive dans la maçonnerie, n'étant pas à craindre ici. Le chaînage est entièrement fait par les poutres et solives dans les deux sens, sauf sur les murs où il est en fer plat, comme cela se pratique ordinairement.

PLANCHERS ASSEMBLÉS

Les planchers assemblés diffèrent des précédents, en ce qu'au lieu de porter sur les murs de refends ou de reposer sur des filets, les solives sont assemblées à l'aide d'équerres sur les poutres. Ces planchers sont naturellement plus rigides que les planchers simples, les nombreux assemblages constituant par leur nombre une grande force (fig. 771).

Suivant que le plancher doit être voûté ou hourdé, on doit disposer les solives sur la poutre, de manière à ce que l'extra-

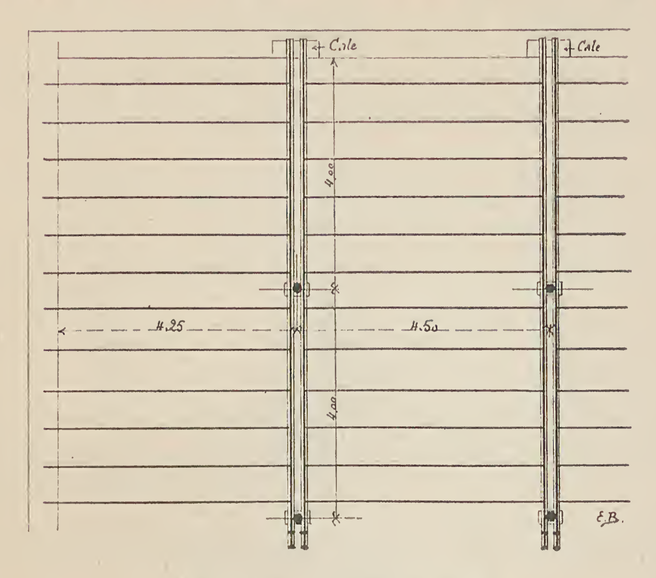


Fig. 771. — Solivage assemblé.

dos ne dépasse pas la partie supérieure ; cela dit dans le cas d'une aire en béton ou ciment devant aussi recouvrir la poutre (fig. 772).

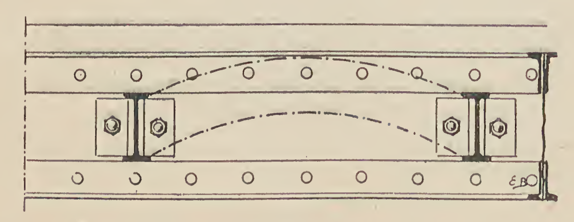


Fig. 772. — Solives assemblées sur poutre.

Si l'on doit poser un parquet portant directement sur la poutre l'extrados des voûtains se trouvera à $0^{m},05$ en contre-bas du dessus pour réserver la place des lambourdes placées transversalement sur les solives, et dans le sens longitudinal de la poutre ; on baissera donc les solives de toute la flèche de l'arc (fig. 773).

Si enfin le plancher est hourdé, on placera les solives de $0^{m},065$

à $0^{m},080$ en contre-bas du dessus des poutres de manière à ce que la lambourde dépasse légèrement et que le parquet passe par-dessus sans toucher au métal (fig. 774).

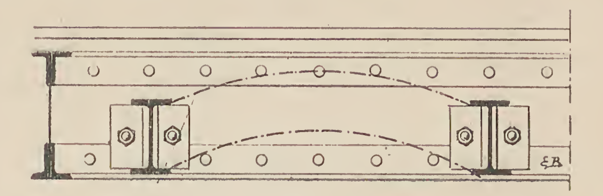


Fig. 773. — Assemblage de solives sur poutre.

Chevêtres. — Les chevêtres s'emploient en face des baies, au droit des conduites de fumée, partout enfin où pour une rai-

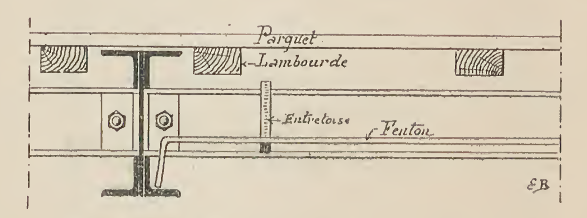


Fig. 774. — Assemblage de solives sur poutre.

son quelconque, on ne peut faire reposer les solives sur la maçonnerie.

On donne toujours aux chevêtres le moins de portée possible;

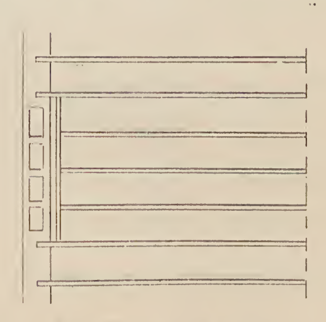


Fig. 775. — Chevêtre.

c'est une pièce assemblée sur deux solives près de leur portée et sur laquelle viennent s'assembler un certain nombre de fers (fig. 775).

POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE DIVERS SYSTÈMES DE PLANCHERS

(D'après M. T. Seyrig.)

GENRE DE CONSTRUCTION	DÉTAIL DES POIDS		POIDS GÉNÉRALEMENT ADMIS
Plancher sur solives en fer avec entretoises et fentons, hourdis à augets et plafond inférieur.	Plancher en chêne de 25mm	20	
	Lambourdes scellées	30	
	Augets et enduit	170	
	Entretoises et fentons	5	
	Solives	10 à 30	
		235 à 255	250
Plancher avec voûtes en briques pleines de 0,11 (voir fig. 760).	Plancher en chêne	20	
	Lambourdes et scellements	30	
	Voûtes en briques et enduit	180	
	Solives	10 à 30	
		240 à 260	275
Plancher avec voûtes en briques creuses de 0,11.	Plancher	20	
	Lambourdes	30	
	Voûtes de 0,11 et enduit	160	
	Solives	10 à 30	
		220 à 240	225 à 245
Plancher avec entrevous en poterie système Perrière (voir fig. 754-755).	Plancher	20	
	Lambourdes	30	
	Entrevous	80	
	Solives	10 à 30	
		140 à 160	150 à 175

LINTEAUX, FILETS, POITRAILS, POUTRES

Linteaux. — Le linteau est la pièce transversale qu'on place au-dessus d'une baie, en appuyant chacune de ses extrémités sur les trumeaux. C'est, si nous pouvons nous exprimer ainsi, une sorte d'architrave.

Le linteau s'emploie dans la construction au-dessus des

fenêtres, des portes, des soupiraux, des vasistas, etc. Il s'en fait de diverses sortes :

1° **Linteau assemblé à griffes.** — Ce linteau est composé de deux fers double T mariés entre eux par des griffes qui les maintiennent à l'écartement convenable pour le mur sur lequel

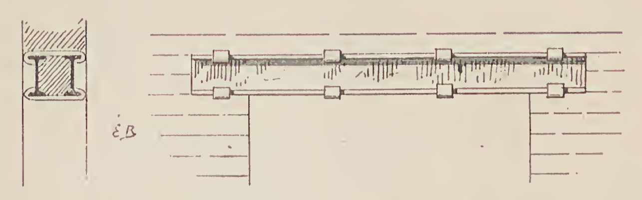


Fig. 776, 777. — Linteau à griffes.

on veut poser le linteau. On le hourde par terre quand il s'agit d'un linteau léger ; s'il est lourd, on le hourde en place en cintrant le dessous au moyen d'une planche. Le hourdis se fait en brique ou en plâtras et plâtre (fig. 776, 777).

2° **Linteaux entretoisés.** — Les deux fers, placés à l'écartement voulu, c'est-à-dire environ $0^m,07$ de moins que l'épaisseur du mur sur lequel reposera le linteau, on maintient cette distance au moyen d'un tube en fer creux dans lequel passe un boulon serrant ensemble les deux fers (fig 778, 779).



Fig. 778, 779, 780. — Linteau boulonné.

On fait aussi des entretoises en fonte avec serrage à boulons (fig. 780) ; la verticalité des âmes des fers est mieux assurée dans les linteaux non hourdés. Dans ceux hourdés en plâtras et plâtre, on peut employer le tube entretoise qui est parfaitement suffisant, et ce mode de hourdis est presque généralement employé.

3° **Linteaux apparents.** — Composés comme les précédents, avec entretoises en fonte ou en fer creux, ces linteaux sont parfaitement dressés, coupés exactement de longueur, et les bouts ajustés portent d'une longueur parfaitement exacte à

chaque extrémité sur la maçonnerie. Les boulons qui les assemblent sont dissimulés par des rosaces en fonte et parfois par des cabochons en terre cuite émaillée (fig. 781, 782).

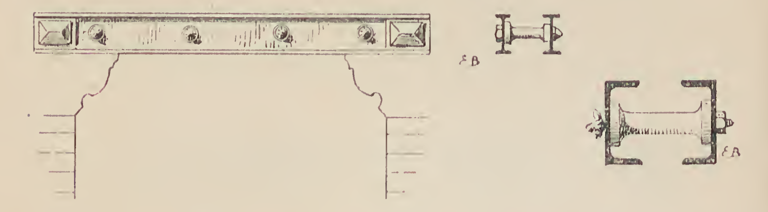


Fig. 781, 782, 783. — Linteau apparent.

Ils sont assez fréquemment employés dans les constructions en pierre et en briques; on peut aussi les construire (si l'on veut obtenir une surface unie) de deux fers U dont les ailes sont tournées vers l'intérieur (fig. 783).

4° Linteaux en fer carré. — Le fer carré, de 0m,030 à 0m,040 millimètres et plus, simplement coupé de longueur, sert à faire les linteaux de soupiraux, jours de souffrance, et en général les linteaux de baies étroites (fig. 784, 785).

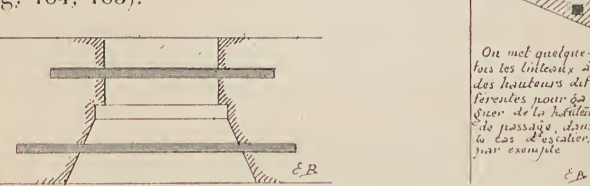


Fig. 784, 785. — Linteau de soupirail.

Dans les baies couvertes par des claveaux, on passe ordinairement un fer carré, ou un fer méplat posé sur champ; ce fer



Fig. 786, 787. — Linteaux pour l'appareil en plate-bande.

est ancré à chaque extrémité (fig. 786); mais on peut se contenter de le couder aux deux bouts, comme l'indique notre figure 787.

Filets, poitrails. — Les filets et les poitrails ont absolument la même structure et ne diffèrent que par leurs dimensions. D'après les règlements, en France, le poitrail employé en façade ne doit pas avoir plus de 3 mètres de portée sans point d'appui, colonne ou pile. Ceci est la règle générale, mais on peut, avec autorisation spéciale, franchir des portées plus grandes.

La force du poitrail doit être calculée suivant le poids de la maçonnerie qui viendra le charger. On est parfois limité pour la hauteur, et on ne peut donner la section suffisante ; on doit alors mettre trois ou quatre fers. Il faut donc chercher le rapport du poids à porter et choisir un fer qui donne une valeur $\frac{I}{n}$ égale à moitié, au tiers ou au quart, suivant que l'on assemble

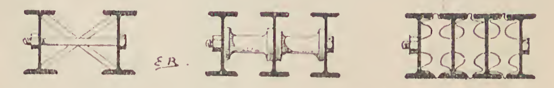


Fig. 788, 789, 790. — Diverses sections de filets.

deux, trois ou quatre fers (fig. 788, 789, 790). L'entretoisement peut être en fonte, ou fait au moyen de croisillons, comme

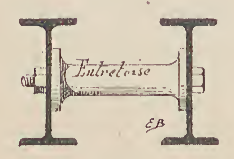


Fig. 791.
Entretoisement en fonte.

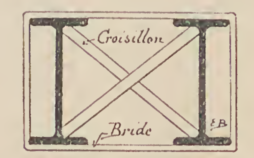


Fig. 792.
Entretoisement par croisillons.

l'indiquent les figures 791, 792, dans lesquelles on voit aussi le serrage des deux lames fait au moyen de boulons ou de brides posées à chaud. Pour ce dernier moyen, on dilate le fer formant la bride, en le chauffant à une haute température, puis on passe dedans le poitrail et on laisse refroidir ; le fer alors se retire, se contracte pour reprendre la dimension qu'il avait avant d'être chauffé, et serre les fers.

POUTRES PLEINES

Les poutres s'emploient pour les grandes portées quand on ne peut pas mettre des colonnes et pour conserver ainsi des travées possibles à franchir avec des fers à T assemblés au

poitrail. Elles sont composées de fers plats verticaux appelés *âmes*, de fers plats horizontaux appelés *semelles* ou *tables*, et le tout est assemblé au moyen de cornières.

1er *cas*. **Poutre à une seule âme sans tables.** — Elle est composée d'un fer plat vertical et de 4 cornières. Sa valeur $\frac{i}{n}$

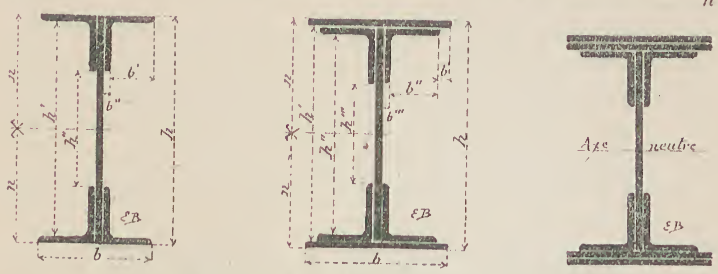


Fig. 793, 794, 795. — Poutres à une seule âme.

s'obtient par la formule $\frac{i}{n} = \frac{bh^3 - (2b'h'^3 + 2b''h''^3)}{\frac{12}{n}}$ (fig. 793).

2e *cas*. **Poutre à une seule âme avec tables ou semelles.** — C'est l'application du principe consistant à reporter le plus possible le métal en haut et en bas, c'est-à-dire loin de la ligne neutre. La formule se construit de même façon $\frac{i}{n} = \frac{bh^3 - (2b'h'^3 + 2b''h''^3 + 2b'''h'''^3)}{\frac{12}{n}}$ (fig. 794).

On augmente la résistance des poutres en renforçant les cornières et en mettant au besoin plusieurs tables superposées (fig. 795).

3e *cas*. **Poutre à deux âmes.** — La poutre à deux âmes

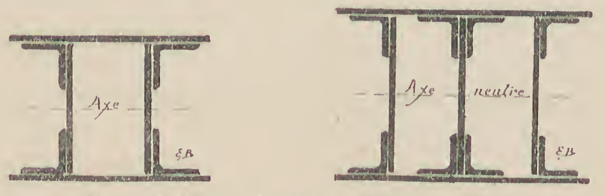


Fig. 796, 797. — Poutres à plusieurs âmes.

ne peut se faire sans semelles, puisque ce sont celles-ci qui servent à la réunion des deux éléments verticaux. On l'appelle aussi poutre tubulaire. Elle est composée de deux âmes verti-

cales et de deux semelles, pièces assemblées entre elles par quatre cornières (fig. 796).

On fait aussi des poutres à trois âmes avec semelles et assemblées par huit cornières (fig. 797); très bonne disposition quand on est limité pour la hauteur.

Quand les poutres tubulaires sont d'assez grandes dimensions pour permettre à un homme de se tenir à l'intérieur pour introduire le rivet et *tenir le coup*, c'est-à-dire maintenir à l'aide d'une bouterolle sur levier, qui maintient le rivet, pendant qu'à l'extérieur on l'écrase et on le bouterolle pour former la tête, on peut faire composer une poutre avec deux âmes, deux semelles et huit cornières.

Pour toutes ces poutres symétriques, la valeur $\frac{i}{n}$ s'obtient comme il est dit précédemment en multipliant la base par la hauteur élevée au cube, et en déduisant les parties vides calculées de même; le tout divisé par douze et divisé encore par moitié de la hauteur de la poutre.

POUTRELLES A GOUSSETS ET A CROISILLONS

1er *cas*. **Poutrelles à goussets**. — Elles sont très résistantes et susceptibles de concourir à la décoration (fig. 798).

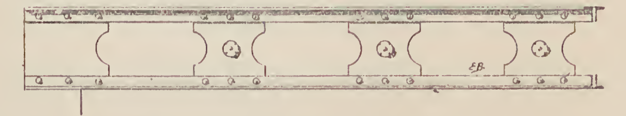


Fig. 798. — Poutrelle à goussets.

Composés de diverses manières, elles peuvent avoir les sections suivantes (fig. 799); 2 fers T haut et bas et goussets latéraux :

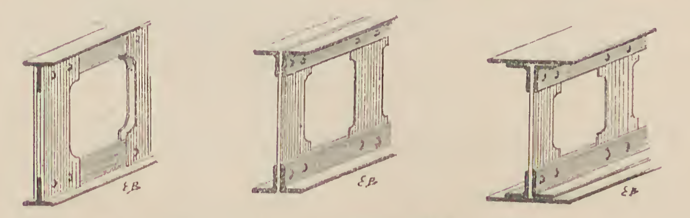


Fig. 799, 800, 801. — Poutrelles à goussets.

4 cornières, deux en haut, deux en bas, avec goussets latéraux; ou bien, le gousset pincé entre les deux cornières (fig. 800); la même avec tables ou semelles (fig. 801).

2[e] *cas*. **Poutrelles à croisillons.** — Dans ces poutrelles, les goussets sont remplacés par des croisillons. On peut alterner les goussets et les croisillons, de manière à avoir toujours plu-



Fig. 802, 803. — Poutrelles à croisillons.

sieurs barres travaillant dans une section quelconque de la poutrelle. Voici, figures 802, 803, 804, quelques exemples de poutrelles à croisillons.

Nous devons encore mentionner les poutres américaines en

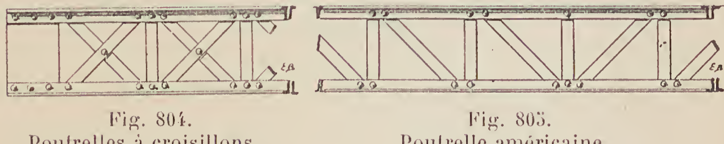


Fig. 804. Poutrelles à croisillons. Fig. 805. Poutrelle américaine.

forme de N (fig. 805), dans lesquelles l'effort tranchant ne rencontre qu'une barre. La formule devient alors pour le treillis $P\sqrt{2}$.

POUTRES ARMÉES

Le cas le plus simple d'armature consiste à sous-bander la pièce portant sur deux points d'appui ; le point P se décompose en deux poussées sur les points d'appui, et la pièce qui, isolée,

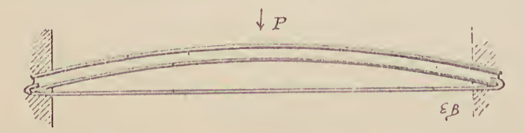


Fig. 806. — Poutre sous-bandée.

travaillait à la flexion, travaille presque entièrement à la compression (fig. 806)

Dans la construction de ces armatures on ne saurait trop soigner les attaches du tirant base du système ; suivant les dimensions, on devra mettre un poinçon reliant la corde à l'arc.

Notre deuxième exemple, figures 807, 808, est composé de deux fers I travaillant à la flexion, et soulagés en leur milieu par un tirant en fer rond, qui tend à soulever une traverse qui

passe sous les deux fers, et est fortement attaché à la partie supérieure.

Deux fers I assemblés en poitrail peuvent être encore sou-

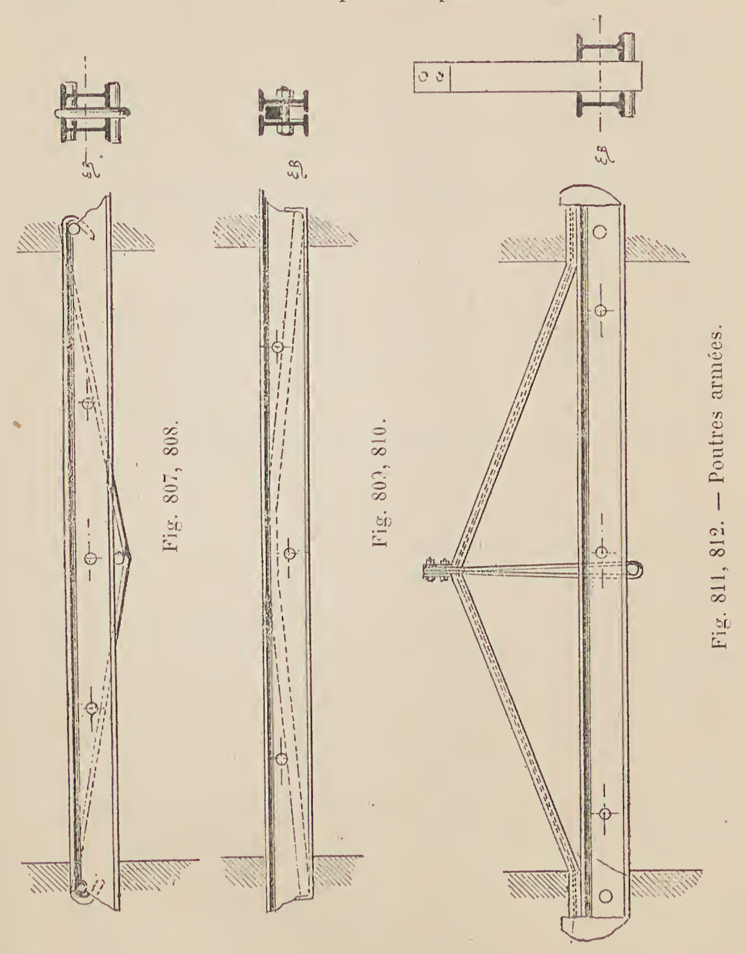


Fig. 807, 808.

Fig. 809, 810.

Fig. 811, 812. — Poutres armées.

lagés par un arbalétrier en fer carré travaillant à la compression (fig. 809, 810). C'est diamétralement l'opposé de notre précédent exemple.

Quand la poutre doit porter une maçonnerie, et que cette maçonnerie n'est pas percée de baies gênantes, on peut armer la poutre plus économiquement en dépensant davantage de hauteur. Par exemple, nous prenons deux fers double T soulagés en leur milieu par une aiguille ou poinçon (fig. 811, 812)

et nous reportons l'effort sur les points d'appui au moyen de deux arbalétriers en T posés à plat et noyés dans la maçonnerie, disposition qui empêche ces fers de se voiler, puisqu'ils conservent leur section la plus avantageuse pour résister aux chances de devers latéral.

La butée des arbalétriers et leur attache au sommet doivent être particulièrement soignées.

Quand la poutre doit rester ou peut rester apparente, on



Fig. 813. — Poutre sous-bandée.

emploie le système représenté figure 813, qui consiste à sous-bander la poutre au moyen de tendeurs en fer plat ou en fer rond. Dans le cas de deux fers I juxtaposés, on peut sous-bander



Fig. 814. — Bois sous-bandé.

par un seul tendeur, comme nous l'indiquons dans la section représentée figures 807, 808.

Nous devons aussi mentionner les poutres mixtes en fer et

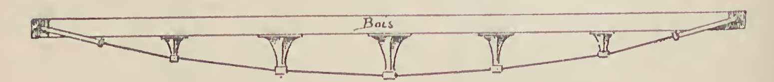


Fig. 815. — Poutre en bois sous-bandée.

bois, où le bois est la pièce principale et est soutenu par un ou deux tendeurs en fer (fig. 814, 815).

CHAINAGE

La première condition à remplir par le constructeur est de bien fonder le bâtiment qu'il commence à édifier; la seconde consiste à le chaîner, c'est-à-dire à en rendre toutes les parties solidaires les unes des autres de manière à ce que, si une partie de l'édifice était mal fondée, elle soit soutenue par le surplus.

Il serait superflu d'insister sur l'importance du chaînage, son utilité est reconnue par les constructeurs; d'ailleurs, on a tou-

jours chaîné ; les alternances de troncs d'arbres et de morceaux de pierres dans les constructions primitives ne sont en somme qu'un mode de chaînage ou de liant général donné à la construction.

Comme dans d'autres et nombreuses applications, le fer a montré là sa supériorité et y fut employé presque dès son apparition ; sous un faible volume, en petites pièces il est vrai, mais cela tenait à ce que l'industrie ne devait que bien plus tard lui donner les dimensions et les formes qui favorisent son emploi.

Les anciens chaînaient en bronze et en fer, car les crampons, les agrafes, etc., ne sont autre chose que de petites chaînes (fig. 816). Les longues pièces de chaînage étaient en bois, noyées dans la maçonnerie.

Plus tard, on fit des chaînes composées de crochets portant

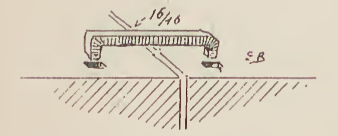


Fig. 816. — Crampon.



Fig. 817. — Chaînage composé.

un œil à leur extrémité, qui recevaient un autre crochet, et ainsi de suite (fig. 817). Mais, sous les efforts considérables que les maçonneries occasionnent parfois, des déformations se produisent dans ces chaînages composés de petits éléments, les crochets s'ouvrent, les *œils* s'allongent et il se produit un allongement qui peut être funeste à l'ensemble du système.

De nos jours, la légèreté des constructions rend plus indispensable encore l'emploi des chaînes, qui permettent de ne réserver aux murs que les seuls efforts de compression.

Chaînage des caves. — Le chaînage des caves peut se faire très simplement et même ne pas exister si la construction qu'on érige se trouve isolée, c'est-à-dire si l'étage de cave se trouve sur tous côtés entouré de terre-pleins.

En effet, pourquoi chaîner de murs, qui sont, en même temps que des fondations, des murs de soutènement puisqu'ils doivent pouvoir résister à la poussée des terres ? Placés dans ces conditions, ces murs au contraire d'avoir besoin d'être maintenus vers l'intérieur doivent être contrebutés par les planchers qui forment un mur horizontal qui les tient en tête.

Pour ces raisons, nous croyons donc superflu de chaîner l'étage des caves dans une construction isolée.

Dans le cas d'une construction ordinaire, flanquée d'autres du même ordre, on doit faire le chaînage dans le sens parallèle aux murs soutenant les terres et ne relier que ceux qui sont isolés, c'est-à-dire qui ne supportent pas la poussée.

Ensemble du chaînage. — Un chaînage bien entendu se compose de :

1° Sur tous les murs, et placé dans l'axe, un cours de plates-bandes ancrées aux extrémités ;

2° De plates-bandes transversales, en travers des solives, et maintenant les murs dans les grandes portées ;

3° De l'ancrage de solives, utilisées comme chaînes.

Tirants plates-bandes. — Les plates-bandes se font en fer plat, de dimensions en rapport avec les efforts auxquels elles peuvent être soumises. Dans la construction ordinaire, les chaînes ont $0^m,045 \times 0^m,009$ et $0^m,050 \times 0^m,009$; elles sont terminées par un œil destiné à recevoir l'ancre.

Joints. — Les dimensions des constructions ne permettent pas de faire les plates-bandes d'une seule pièce ; on fait l'assemblage dit à talon (fig. 818, 819).

Chaque extrémité à joindre est forgée en forme de talon ou de mentonnet ; on place les deux pièces l'une sur l'autre après

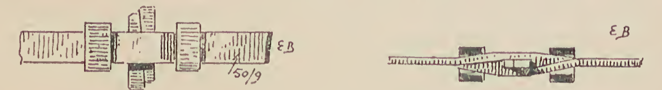


Fig. 818, 819. — Joints de chaînes.

avoir auparavant introduit les colliers, puis on fait le serrage en chassant un ou deux coins entre les deux talons ; ces coins ont pour objet de permettre de régler la longueur de la chaîne



Fig. 820. — Joint de chaîne.

avec une certaine traction, c'est-à-dire de la tendre, la mettre en travail, de sorte que toute déformation se trouve arrêtée immédiatement dans la partie chaînée, ce qui n'arriverait pas si la chaîne était *lâche*.

Dans les constructions de peu d'importance, on peut assem-

bler la chaîne en faisant les bouts à crochets et entrant l'un dans l'autre, et les extrémités, laissées en attente sous les premiers parpaings, sont repliées, de manière à former crochet embrassant toute la hauteur de l'assise, et chargées par l'assise suivante, ne peuvent plus s'ouvrir (fig. 820).

Mais ce moyen ne doit être employé que si l'on a du fer très doux, qu'on peut ployer à froid sans le faire gercer.

On se sert aussi des solives comme chaînes de deux manières, soit en faisant passer la barre dans un trou fait dans la solive, et dans ce cas l'ancre peut être horizontale ou biaise, si l'on donne du jeu dans le trou de passage, ou bien, comme le figurent nos croquis (fig. 821, 822, 823, 824), une plate-bande préparée pour recevoir une barre ronde ou carrée, suivant les cas, et boulonnée sur la solive.

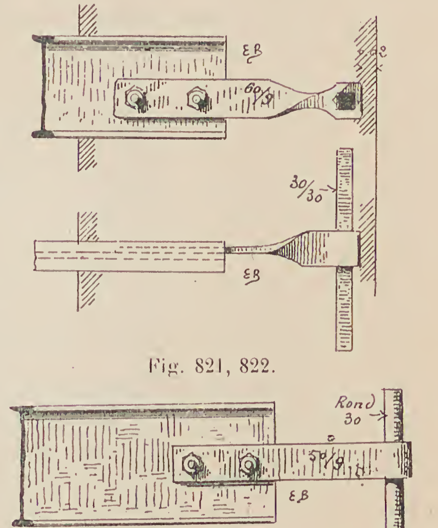


Fig. 821, 822.

Fig. 823, 824.
Ancrages de solives.

Il arrive parfois que deux tirants de murs sont ancrés sur la même tige placée à l'axe de chaque mur ou intersection produite par ces deux axes ; c'est le cas de la construction en pierre de taille.

Les solives utilisées comme chaînes et reposant sur le mur de refend sont réunies entre elles par une éclisse boulonnée, ou platine.

L'extrémité extérieure de l'œil de la chaîne affleure la maçonnerie et est ensuite recouverte par un enduit de $0^{m},03$ d'épaisseur.

Chaînage à lanterne. — Cette variété de chaîne s'emploie, en général, apparente ; c'est une sorte d'entrait dont les attaches sont extérieures et motivées par de fortes rosaces ou de gros boutons, généralement en fonte, et qui portent sur une plaque de tôle assez grande pour embrasser la quantité de maçonnerie suffisante pour assurer son efficacité.

Ces chaînes sont rondes et en deux pièces ; une lanterne ou double écrou taraudé à double pas permet de régler la tension de la chaîne.

On se sert aussi de la chaîne à lanterne pour rapprocher des parois déformées, inclinées, etc.

Chaînages entre ailes de bâtiments. — Sur cours, courettes et dans les endroits où l'on a été gêné pour la prise de jour, les corps de bâtiment sont en général de peu de profondeur ; ne pouvant obtenir la lumière que d'un côté, on ne peut guère dépasser utilement 5 ou 6 mètres, et, malgré cette faible profondeur, on monte néanmoins à 20 mètres et plus d'altitude ; il devient nécessaire de réunir ces ailes, de les marier et les contrebuter l'une par l'autre.

On emploie à cet effet :

1° La chaîne ronde de $0^{m},035$ ou $0^{m},040$;

2° Le fer double T ;

3° Le filet composé de deux doubles T ;

4° Le voûtain en brique et tirant en fer.

Il y a à tenir compte de deux efforts dans le travail de ce genre de chaîne ; en effet, il y a autant de raisons pour que le bâtiment, par suite de tassement, penche autant d'un côté que d'autre ; s'il s'affaisse du côté de l'aile à laquelle il est relié, il comprimera la chaîne ; il la tirera au contraire s'il penche vers le dehors.

Ceci nous amène à conseiller dans un cas quelconque l'emploi du fer double T, seul ou doublé, suivant l'importance de la construction ; ces chaînes se posent au moment où la maçonnerie est arrivée à la hauteur désignée pour la chaîne.

Dans le cas de deux fers, il est bon de les relier entre eux par des entretoises serrées par des boulons et, si on les hourde, on doit faire au-dessus un chaperon, à simple ou double égout, suivant le cas de mitoyenneté.

On fait aussi des voûtes en briques avec tirant par le haut et un chaperon sur le tout ; la voûte résiste suffisamment aux poussées possibles ; par la forme qu'elle a acquise du chaperon, elle est devenue une sorte de pont dont les reins sont chargés et résistants.

D'autre part, le tirant vient à son tour agir si les deux corps de bâtiment, au lieu de se rapprocher, tendent à s'éloigner ; si ce tirant n'existait pas, la voûte, dans ce cas, tomberait.

Chaînage des pierres. — A côté du chaînage général d'une construction vient se placer le chaînage partiel n'intéres-

sant que certaines parties et toujours nécessité par l'appareil de pierre.

On a coutume, quand il s'agit de soulager les claveaux formant architrave appareillée au-dessus d'une baie, de placer simplement un fer méplat d'une section d'environ un sur deux posé sur champ et noyé dans une saignée pratiquée dans la pierre. Pour les baies très étroites on emploie le fer carré de 36 à 40 millimètres simplement coupé de longueur (pour soupiraux, vasistas, jours de souffrance, etc.).

Pour les baies à claveaux, nous recommandons la disposition suivante : Le fer méplat formant linteau est très lourd et a ce grave inconvénient d'entamer profondément la pierre ; de plus, il est presque toujours, quand on dépasse une certaine portée, incapable de porter le poids des claveaux si ceux-ci s'affaissent, et d'autre part, simplement coupé de longueur et posé sur les deux points d'appui, il ne travaille pas comme tirant et par conséquent n'empêcherait pas la déformation de l'appareil. Il vaut donc mieux, faisant travailler les claveaux à la compression, les considérer comme une voûte et chercher seulement à empêcher les points d'appui de s'écarter, ce à quoi on arrive en réunissant les deux jambages au moyen d'une chaîne ancrée aux deux extrémités (voir fig. 786, 787). Plus simplement encore, il suffit de prendre un linteau léger et de lui faire former crochet à chaque extrémité en se scellant assez loin pour qu'il reste de *a* en *b* une section de pierre suffisante pour résister à la traction de la chaîne ou corde métallique.

Les claveaux sont chaînés entre eux par des crampons en bronze disposés de diverses manières, soit simplement par bouts pénétrant dans les deux pierres, soit par crampons coudés (fig. 825).

Fig. 825.
Chaînage de plate-bande.

Pour les assises horizontales, les pierres, dans certains cas de travaux très soignés, sont reliées entre elles par des crampons ou fixées par des goujons.

PANS DE FER

Jusqu'au dernier siècle on a construit, en même temps que des maisons en maçonnerie, des maisons entièrement en bois; mais la construction du pan de bois était générale dans les parties sur cour, cages d'escalier, etc., et on l'emploie encore aujourd'hui, mais recouverte d'un enduit au lieu d'être apparente comme autrefois.

On ne peut nier les qualités de ce mode de construction, la facilité du travail du bois, les combinaisons auxquelles il se prête, soit comme structure, soit comme décoration; mais ce qu'on ne peut nier aussi, c'est que le bois de bonne qualité devient de jour en jour plus rare et que, défaut plus grave, il est un danger permanent d'incendie.

Comme dans toutes les autres parties de la charpenterie, le fer se substitue au bois; si ce dernier facilitait l'établissement de cloisons de plus faibles épaisseurs que la maçonnerie, le fer le permet aussi et mieux encore.

On a tout dit en ce qui concerne les défauts du fer : sa sonorité, sa conductibilité, sa dilatation, etc.; mais, comme il est employé aujourd'hui dans la construction, entièrement noyé dans la maçonnerie, nous ne pensons pas que la dilatation soit un inconvénient grave; nous connaissons des pans de fer établis depuis de longues années et qui se comportent très bien. Quant à la sonorité, nous répondrons que les pans de fer ne sont

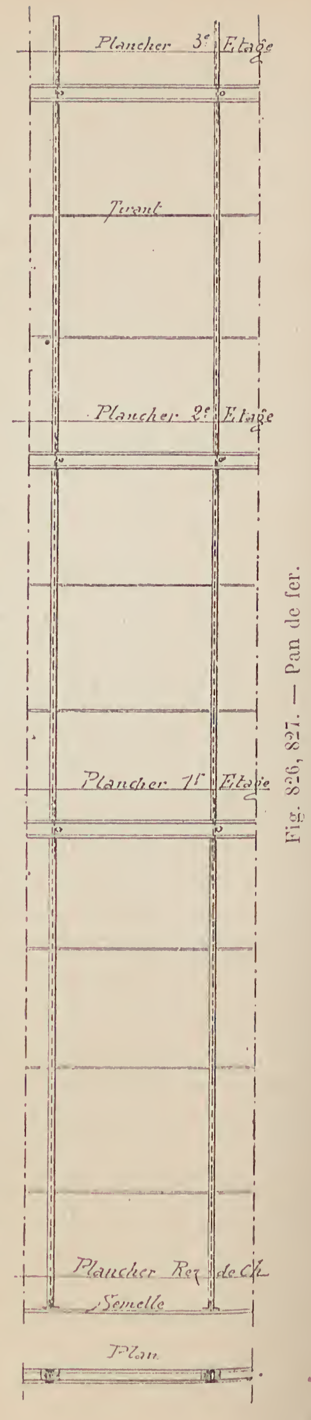


Fig. 826, 827. — Pan de fer.

utilisés que sur cour, cages d'escaliers, etc., et qu'enveloppés comme ils le sont ils ne donnent pas plus de sonorité que les pans de bois.

Composition d'un pan de fer. — Un pan de fer se compose de montants, de sablières ou semelles, d'entretoises et autres détails.

Les montants assemblés sur écharpes, qui sont presque en contact dans les pans de bois, se réduisent dans les pans de fer aux montants principaux, qui sont espacés de 1 mètre à $1^{m},50$, reliés entre eux par des tirants ou entretoises, et assemblés sur les sablières (fig. 826, 827).

Les écharpes s'emploient dans les pans de fer quand la maçonnerie de remplissage n'offre pas une grande consistance et que l'ensemble est soumis à des efforts particuliers, poussées de vent ou instabilité du sol, facteurs dont on n'a pas ordinairement à tenir compte, le pan de fer étant toujours relié solidement avec la construction massive.

Les sablières ou semelles sont les pièces horizontales qui règnent à chaque étage au niveau des planchers, reçoivent les montants de fer d'un étage, s'y appuient et portent ceux de l'étage supérieur.

Les tirants ou entretoises servent à relier les montants entre eux et en même temps consolident la cloison de remplissage.

Montants. — Les montants ordinaires sont en fer I étroits ou à larges ailes, ou encore composés de deux montants en fer I assemblés, suivant que la charge qu'ils sont appelés à suppor-

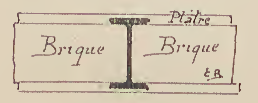


Fig. 828.
Montant intermédiaire.

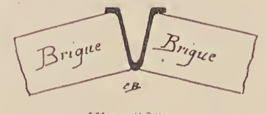


Fig. 829.
Montant d'angle.

ter est plus ou moins considérable. On choisit de préférence le fer I pour constituer les montants parce que sa section se prête très bien à loger la brique ou les matériaux de remplissage, il se comporte comme un poteau nervé dans une cloison (fig. 828). Pour les parties rondes ou polygonales on peut employer utilement le fer Zorès (fig. 829).

Montant d'angle ou poteau cornier. — On appelle *poteau cornier*, le montant qui forme l'angle d'un pan de fer. Sa composition est différente suivant qu'il doit disparaître sous

une charge de plâtre ou bien rester apparent. Dans le premier cas il est composé de deux fers I et d'une cornière assemblés sur une bride interne dont nous indiquons la forme figure 830. Si au contraire on ne doit pas recouvrir le fer, dans le cas de brique apparente par exemple, on peut assembler deux fers (fig. 831). Dans le même cas, quand le fer doit rester apparent,

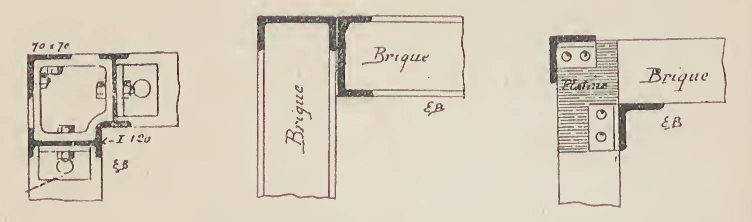


Fig. 830, 831, 832. — Poteaux corniers.

nous préférerions le poteau d'angle formé simplement de deux fortes cornières reliées entre elles par des pattes coudées (fig. 832), ou par des plaques assemblées sur les cornières au moyen d'équerres et perdues dans les lits de briques. Avec ce mode de constrution du poteau d'angle, la brique concourt à lier ensemble les deux pans; cette disposition permet en effet de poser les briques engagées réciproquement par moitié au-dessus les unes des autres, celle d'un pan recouvrant alternativement celle de l'autre.

La figure 833 donne une disposition de montant d'angle formé de deux fers I assemblés sur la sablière. Les deux sablières sont assemblées entre elles par des éclisses coudées et une bride intérieure forgée; les montants du dessus et du dessous portent des équerres et le tout est assemblé à boulons.

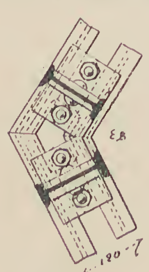


Fig. 833.
Montant d'angle.

Semelle proprement dite. — Le pan de fer trouve ordinairement son assise sur la maçonnerie au moyen d'un large fer plat, ou même d'un fer **U** ou I de même largeur que les montants, lesquels sont assemblés dessus au moyen d'équerres.

Sablières. — Quand les montants sont très rapprochés, à $0^{m},75$ au maximum, la sablière peut être faite d'un fer I posé horizontalement; mais d'une manière générale, la sablière est

formée de deux fers I (fig 834, 835) écartés de manière à faire ensemble la même la même largeur que le montant.



Fig. 834, 835. — Sablière.

Assemblage des montants sur la sablière. — La sablière passe, ce sont les montants qui sont interrompus ; la partie supérieure de l'un est reliée à la partie inférieure de l'autre par une plate-bande en fer boulonnée à chaque montant; cette plate-bande est en fer plat faisant juste la largeur restant libre entre les deux fers de la sablière, qui sont serrés contre

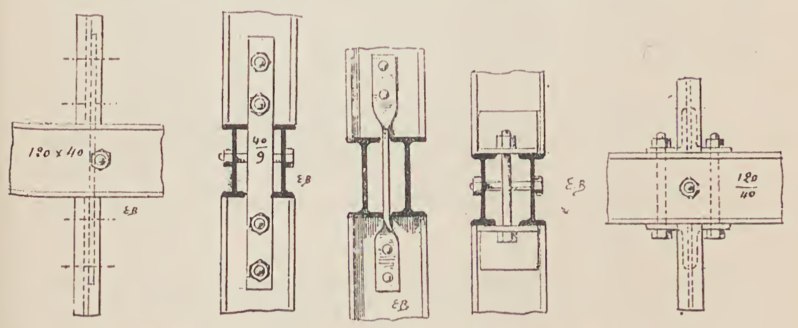


Fig. 836, 837, 838, 839, 840. — Assemblages de pans de fer.

la plate-bande au moyen d'un boulon (fig. 836, 837). Quand on n'a pas la place pour laisser la plate-bande en largeur, on a chantourne, et c'est alors le plat de fer seulement qui sépare les deux éléments de la sablière (fig. 838).

Une variante d'assemblage consiste à armer d'équerres les montants haut et bas, et serrer par des boulons passant entre les deux fers qui composent la sablière (fig. 839 et 840).

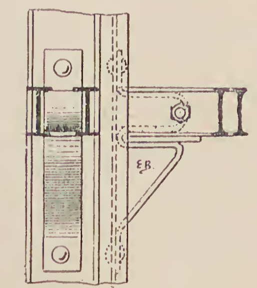


Fig. 841.
Repos de sablière sur poteau cornier.

Assemblage d'une sablière sur poteau cornier. — Deux cas se présentent : 1° le poteau cornier est passant et la sablière vient s'assembler dessus au moyen d'équerres, ou par une pièce en fer plat rivée sur le montant et ayant la forme d'une console (fig. 841). 2° Parfois, le poteau cornier est interrompu, la

sablière repose dessus et le poteau supérieur vient à son tour reposer sur la sablière.

Entretoises ou tirants. — On emploie le fer double T posé horizontalement pour réunir entre eux les montants et en même temps pouvoir résister à une poussée horizontale. Le fer I se place à hauteur d'appui, et parfois, quand la hauteur est considérable, on divise encore la partie comprise entre ce fer et la sablière par un autre fer I placé de même. L'assemblage sur le montant est fait au moyen d'équerres. (Voir fig. 826, 827.)

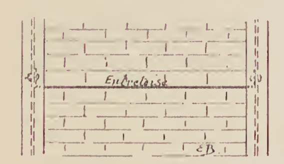


Fig. 842.
Entretoisement.

Dans les intervalles entre fers I horizontaux on maintient entre eux les montants par des tirants en fer rond boulonnés et chevauchés ; ces tirants, qui ont ordinairement $0^m,014$ de diamètre, se trouvent noyés dans la maçonnerie. Un autre procédé consiste à employer simplement des fers plats $0^m,040 \times 0^m,007$, coudés aux deux extrémités et boulonnés ensemble par un seul boulon traversant le fer I (fig. 842).

Force des fers employés. — Les pans de fer dans les maisons se font, pour montants et sablières :

1° En fer I de $0^m,120$ pour brique de $0^m,11$ (coupée pour entrer dans les fers), soit $0^m,14$ à $0^m,15$ enduit ; les fers sont donc recouverts de $0^m,010$ à $0^m,015$ de plâtre ;

2° En fer I de $0^m,140$ avec sablières $0^m,160$ pour brique de $0^m,11$, soit $0^m,16$ enduit ; les fers sont donc recouverts de $0^m,010$ de plâtre ; la force de la sablière est plus grande dans le cas où elle reçoit des solives ;

3° Les entretoises se font en fer rond de $0^m,014$ à $0^m,016$; en fer plat de $0^m,040 \times 0^m,007$ et plus.

Pans de fer légers. — On fait des constructions dont la carcasse, montants, sablières, planchers et combles, sont entièrement en métal ; ces constructions varient beaucoup de dimensions et aussi par la manière de faire.

Ainsi, pour de petites constructions, on emploie le procédé le plus simple, dont nous donnons les ensembles et détails figures 843, 844, 845, 846. Les angles sont en cornières $\frac{0^m,08 \times 0^m,08}{0^m,009}$; les montants intermédiaires en fer T $\frac{0^m,075 \times 0^m,080}{0^m,008}$; la semelle

en fer plat de 0m,080 × 0m,007 ; les traverses en fer I de 0m,080 ;

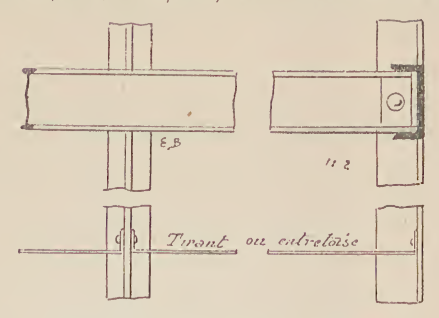


Fig. 843, 844. — Pans de fer légers.

la sablière recevant le plancher ou le comble en fer U de 0m,120 ou 0m,140, assemblés à équerres sur les montants



Fig. 845, 846. — Pans de fer légers.

d'angles et intermédiaires. Des entretoises en fer plat sont noyées dans les lits de brique,

Montants composés. — Quand les murs de remplissage ont une épaisseur plus considérable, on compose les montants

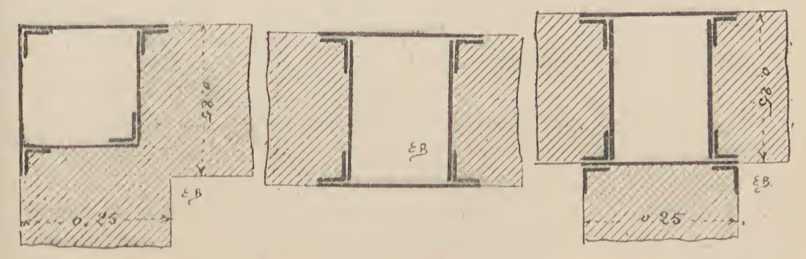


Fig. 847, 848, 849. — Montants en fer composés.

à l'aide de fers plats et de cornières en proportionnant la section de fer à la charge à porter.

Voici les trois cas principaux qui se présentent dans ce

genre de construction : 1° montant d'angle (fig. 847) ; 2° montant intermédiaire (fig. (848) ; 3° montant recevant un mur de refend (fig. 849).

Montants en fonte. — On fait encore des piliers en fonte, des colonnes, nervés pour recevoir une maçonnerie. Ce mode de constructions est fréquemment mis en pratique pour les marchés couverts.

(Voir notre *Traité pratique de serrurerie.*)

ESCALIERS EN FER

L'incombustibilité, la sécurité qu'offrent les scellements, son incorruptibilité des parties encastrées et enfin sa grande résistance, toutes propriétés bien connues, montrent assez la supériorité du fer sur les autres matériaux, dans toutes les applications en général et particulièrement dans la construction des escaliers.

Les autres avantages qu'offre encore le fer ont trait à la fabrication : on sait le travail d'épure que nécessite le tracé d'un limon en bois, son débillardement, ses assemblages, etc. ; pour le fer, le limon étant tracé comme nous l'indiquons plus bas (fig. 851), il ne reste plus qu'à le cintrer (après découpage) dans les quartiers tournants ; on trace pour cela, sur le limon, un certain nombre de verticales, perpendiculaires à la ligne de base de l'épure, qui servent à indiquer le coup au cintreur (ce travail se fait au marteau) et à donner à la pièce la position propre à faciliter la régularité de sa courbe ; au levage, le limon mis en place, ces lignes doivent être conformes à la direction du fil à plomb.

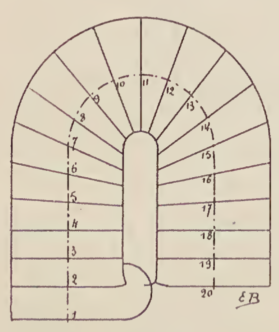


Fig. 850. — Plan d'escalier.

L'escalier en fer, plafonné ou apparent, se prête à la décoration au moins aussi bien que ceux construits avec les autres matériaux.

Dans les escaliers à limons superposés, sans jour, on gagne au profit de l'emmarchement la différence d'épaisseur du limon en bois ou en pierre, avec le limon en fer, soit $0^{m},07$ au moins.

Disons enfin que, grâce aux progrès constants des procédés

de fabrication, le prix des escaliers en fer tend de plus en plus à se rapprocher du prix des escaliers en bois.

Tracé d'épure d'un limon en fer. — L'épure en plan étant établie (fig. 850), le balancement des marches dansantes arrêté, on divisera la hauteur à monter suivant le nombre de marches prévues, et on numérotera 1, 2, 3, 4, etc. ; puis, au

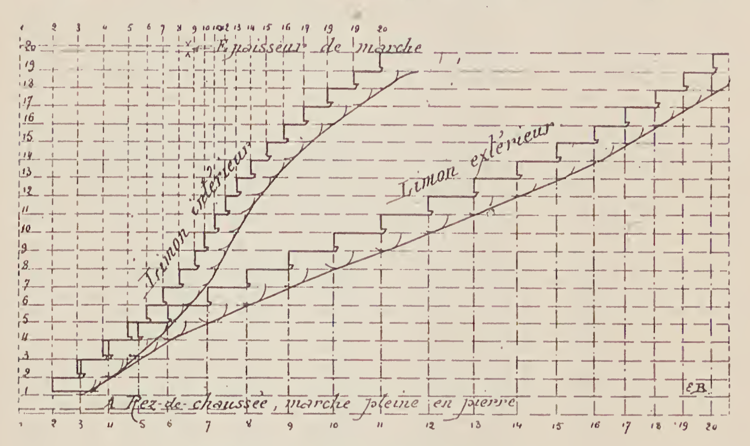


Fig. 851. — Épure d'un limon en fer.

compas ou mieux encore avec un ruban d'acier, on prendra les différentes largeurs des marches au droit du limon, qu'on marquera également sur la ligne de base, puis élevant des

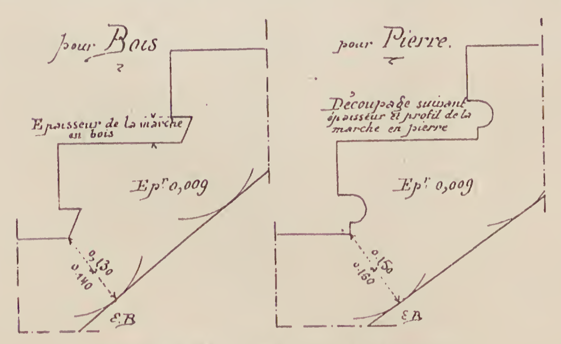


Fig. 852, 853. — Découpage des limons.

perpendiculaires sur cette ligne à chaque point représentant une marche et leur donnant aussi des numéros, les intersections des lignes horizontales et verticales portant même numéro

donneront les angles de chaque marche (fig. 851). On fera alors le tracé de découpage pour marche en bois ou en pierre (fig. 852, 853) ; puis, avec une ouverture de compas de 0m,13 à 0m,15), suivant l'épaisseur de la tôle employée pour le limon, on tracera en pointant à la partie la plus avancée du découpage, de petits arcs dont les points de tangence réunis entre eux formeront une ligne brisée qu'on adoucira en faisant une courbe continue qui sera le dessous du limon.

Nous indiquons sur la même figure le développement du limon extérieur contre le mur, ou crémaillière faux-limon.

Différentes sections de limons. — Le limon le plus simple est en fer plat, sa hauteur varie, suivant la forme des marches, de 0m,200 à 0m,400, et son épaisseur, de 0m,005 à 0m,010 (fig. 854) ; si l'on a besoin d'une plus grande résistance on peut



Fig. 854, 855, 856, 857, 858, 859. — Sections de limons en fer.

employer le fer U (fig. 855) ; le fer plat armé de cornières (fig. 856), le fer I ; la poutrelle composées de cinq pièces, (fig. 857) ; les profils avec moulures, et moulures et cornières (fig. 858 et 859).

A citer encore, les limons fer et bois où l'on retrouve tous

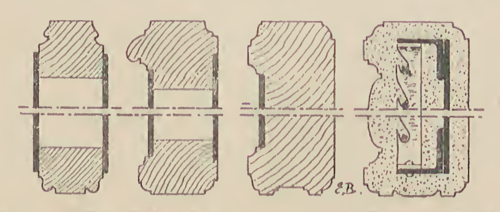


Fig. 860, 861, 862, 863. — Sections de limons mixtes.

les avantages de rigidité du fer joints à l'ampleur des formes que donne le bois (fig. 860, 861). Les limons en bois sont toujours sujets à se fendre, aussi dans les travaux soignés arme-t-on le limon d'une cuirasse métallique en occupant la plus grande largeur (fig. 862) toutes les gerçures du bois

sont ainsi dissimulées. Cette armature est montée à vis et a de 0m,004 à 0m,005 d'épaisseur.

Limons en fer et stuc. — En imitation de la pierre, on fait des limons en fer entièrement habillés de stuc (fig. 863). La seule difficulté consiste à assurer l'adhérence de la pâte sur le métal et pour y arriver on perce des trous sur le limon et sur les cornières tous les 10 centimètres environ et on forme une paillasse métallique à l'aide de bouts de fentons et de gros fils de fer. On se contente aussi très souvent de maintenir l'enduit par deux ou trois cours de fentons, comme l'indique notre dessin.

Limons droits. — Toutes les sections que nous venons de donner s'appliquent aux limons droits ou *à la française*, sauf cependant le premier qui peut également être découpé.

Limons à crémaillère. — La section est toujours celle indiquée figure 864, avec quelquefois une cornière d'armature par le bas. Le découpage des limons varie suivant qu'il s'agit d'un escalier à marches en bois ou à marches en pierre. Dans le premier cas le découpage est simplement fait de lignes droites (fig. 852). Si au contraire il s'agit de marches en pierre, le découpage épouse la forme de l'*astragale*, moulure qu'on appelle aussi *nez-de-marche* (fig. 853).

Joints des pièces composant les limons. — La jonction de deux parties de limon taillé en crémaillère se fait au moyen d'un couvre-joint. La jonction peut être faite au point le plus

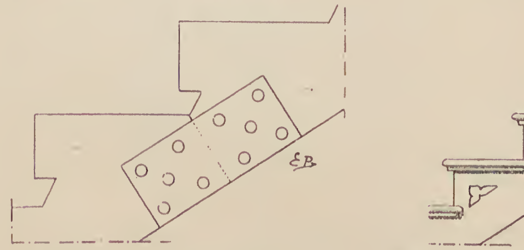


Fig. 864. — Joint de limon.

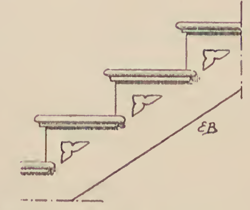


Fig. 865. — Limon ajouré.

faible (fig. 864), mais il est préférable de la pratiquer là où la section du limon est plus grande.

Limons ajourés. — Dans les escaliers métalliques devant rester apparents, et n'être pas plafonnés, on décore parfois le limon de découpages (fig. 865). Dans d'autres cas, pour les esca-

liers d'usine par exemple, les limons sont de véritables poutres à treillis (fig. 866). Plus simple encore, le limon composé d'un

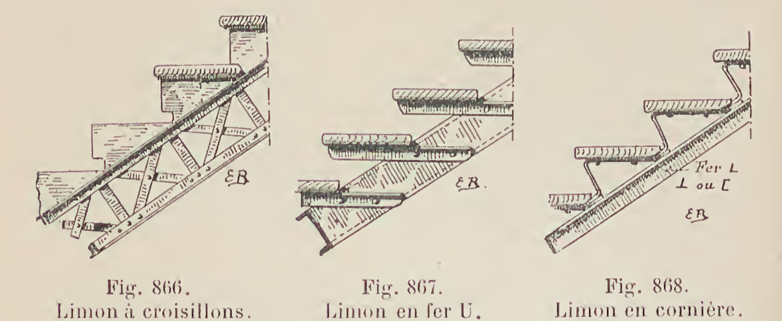


Fig. 866. Limon à croisillons. Fig. 867. Limon en fer U. Fig. 868. Limon en cornière.

fer U sur lequel sont rivés des cornières soutenant les marches (fig. 867). Enfin, le limon étant une cornière, un fer U ou un fer I, une crémaillère en fer plat coudé peut constituer le limon, comme le montre la figure 868.

Faux-limons. — Les limons contre-murs ou *faux-limons* ne sont presque jamais apparents, aussi l'on peut employer les degrés en fer plat sur cornière ou fer U. Mais le plus pratique est de faire un limon composé de chutes de tôle rivées sur un fer plat ; dans l'escalier non balancé les chutes provenant du découpage du limon peuvent servir à constituer le deuxième limon (fig. 869). Ce limon ne nécessite pas de perte de tôle et en portant à $0^{m},16$ ou $0^{m},20$ la distance extérieure des deux cornières, on obtient une résistance suffisante.

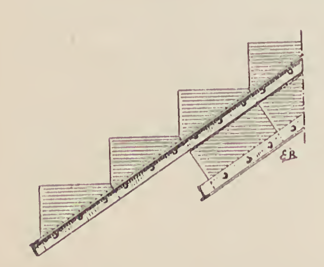


Fig. 869. — Limon composé.

Différentes sections de marches. — Les marches peuvent être à arête vive, à angle arrondi, astragalées. La composition en est très variée, depuis la marche fer et maçonnerie jusqu'à celle entièrement en fer. Nous allons en examiner un certain nombre.

Marches en fer et maçonnerie. — Généralement sans limons, ce genre de marche s'emploie entre deux murs ; c'est le genre qui convient aux escaliers de service des théâtres.

D'une incombustibilité aussi absolue que possible, ces marches sont composées pour une largeur d'un mètre de deux cornières 0m,040 × 0m,040 ; celle supérieure forme nez de marche, et celle inférieure est percée de trous dans lesquels on introduit des fentons ou *côtes de vache* destinés à former paillasse au hourdis (fig. 870); l'intérieur est garni en gravois ou débris de moellon hourdés en plâtre ou mortier, suivant les localités où l'on construit. Les deux cornières sont scellées dans les murs aux deux extrémités et celle supérieure porte dans sa longueur deux ou trois pattes à scellement qui la relient avec la maçonnerie.

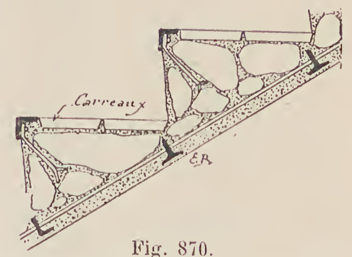


Fig. 870.
Marches en fer et maçonnerie.

On peut aussi remplacer la cornière inférieure par un fer T 0m,035 × 0m,040 placé la crête en l'air et dans les feuillures duquel viennent reposer des tuiles plates quelconques; le tout est hourdé comme il est dit ci-dessus et plafonné en dessous.

Si l'on veut obtenir une forme moins anguleuse au nez de marche, il suffit d'y rapporter un fer demi-rond de 0m,030 × 0m,014 environ.

L'aire des ces marches est faite d'un carrelage en terre cuite (carreaux carrés ou hexagones) ou en ciment bouchardé.

Une autre solution consiste à prendre pour contremarche des fers U de dimension convenable, 0m,160 environ de hauteur, par exemple, scellés de chaque bout dans les murs et placés à des hauteurs et distances successives (fig. 871). Une dalle en pierre entaillée à la partie postérieure, s'il y a lieu, pour regagner la différence de hauteur entre le fer U choisi et la hauteur réelle de la marche, repose simplement sur les fers et est scellée aux deux extrémités. Ces marches peuvent être apparentes ou plafonnées ; dans ce dernier cas, il suffit de fixer à la contremarche des crochets de supension de fentons, espacés de 0m,020 à 0m,25.

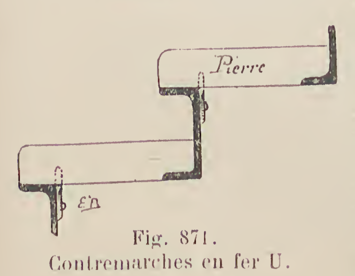


Fig. 871.
Contremarches en fer U.

On comprend que les deux exemples qui précèdent peuvent également être employés avec limons en fer plein ou à crémail-

lère ; le scellement de contremarche est remplacé par des assemblages à équerres boulonnées, et celui de la marche en pierre par deux goujons fixés sur la contremarche qui pénètrent dans la pierre et l'arrêtent.

Marches en pierre. — La contremarche destinée à recevoir une marche en pierre ou en marbre est composée de la manière suivante : la contremarche est en tôle de 0m,003 à 0m,004, d'une hauteur égale à la marche ou degré, moins l'épaisseur de la dalle formant ladite marche, qui varie de 0m,060 à 0m,080 ; cette contremarche est habillée en haut d'une cornière 0m,030

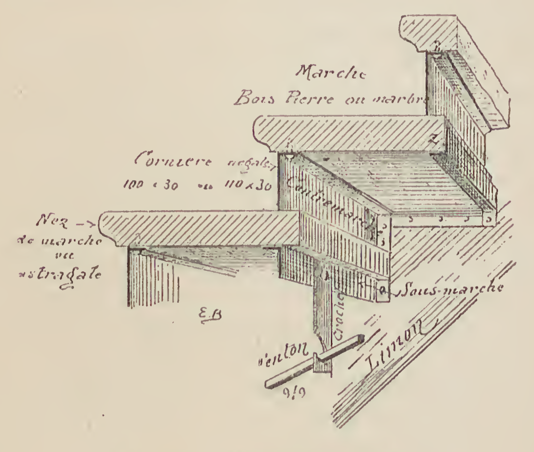


Fig. 872. — Marches en pierres.

× 0m,030 assemblée à rivets fraisés à l'extérieur et écrasés de tête, ou bouterollés à l'intérieur, si le dessous doit rester apparent.

Aux extrémités, la contremarche est assemblée sur le limon d'une part par une équerre, et scellée de l'autre dans le mur à 0m,10 de profondeur ; la partie en scellement est fendue et ouverte pour former queue dans la maçonnerie.

Sous la dalle ou marche est placée une cornière dite sous-marche de 50/30, fixée également à équerre sur le limon et scellée de l'autre extrémité.

Si l'escalier doit rester apparent en dessous, on peut disposer la cornière sous-marche comme en Z, c'est-à-dire lui faire former feuillure (fig. 672).

Si l'escalier est plafonné (fig. 672), la cornière sous-marche porte des crochets de suspension de fentons, comme dans le cas précédent,

Ces suspensions sont en fer rond ou carré et s'accrochent dans un trou percé dans la sous-marche (voir fig. 874, 875).

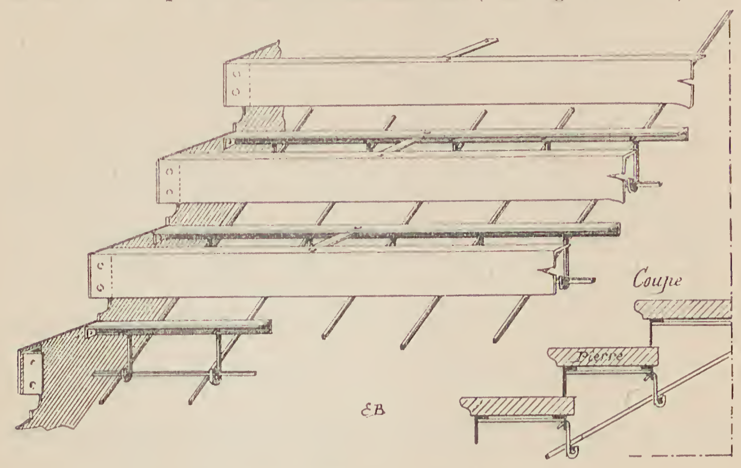


Fig. 873. — Carcasse métallique d'un escalier.

Le découpage du limon dans un travail bien fait est entièrement garni de cornières 30/30, sur lesquelles la marche repose comme sur un cadre complet.

Pour fixer la marche, il suffit d'un scellement à la cornière sous-marche, et l'extrémité opposée au limon scellée dans le mur. Dans le cas où l'on veut obtenir des marches démontables on fixe deux goujons sur la cornière de la contremarche, dans la dalle sont préparées deux logettes pour lesdits goujons ; on introduit la dalle entre la contremarche et la sous-marche et on laisse reposer ; les goujons prennent leur place dans les logettes et la marche ne peut plus se déplacer.

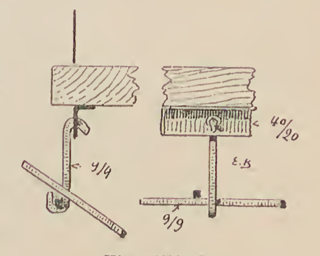


Fig. 874, 875.
Accrochage des fentons.

La figure 873 montre la disposition d'ensemble d'un escalier en fer préparé pour recevoir des marches en pierre.

Marches entièrement en bois sur limon fer. — Notre premier exemple (fig.876) représente une marche en bois posée sur crémaillère en fer plat, les marches vissées ou boulonnées sont facilement démontables. C'est dans ce cas la contremarche qui résiste.

Une autre disposition est celle de marches en bois sur limon droit (fig. 877), les marches reposant simplement sur des équerres rivées ou boulonnées sur le limon. Si on fait l'ap-

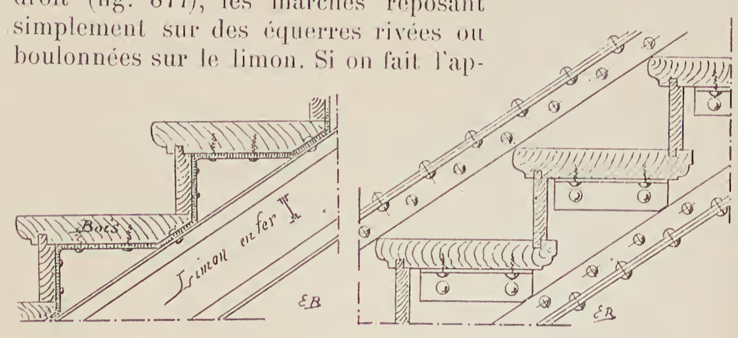


Fig. 876.
Crémaillère en fer plat.

Fig. 877.
Marches entre limons.

plication de cette marche entre deux limons, il faut que tous les deux, ou tout au moins l'un d'eux ne soit pas armé à la partie interne supérieure, sans quoi on ne pourrait entrer la marche ; il faut donc que le profil du limon soit comme le montre la figure 878.

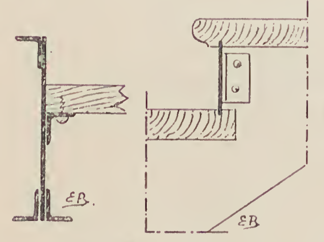


Fig. 878.
Limon.

Fig. 879. — Contre-marche simple.

Marches en bois et fer. — Si l'escalier doit rester apparent, le procédé le plus simple est celui que nous représentons figure 879, ne comprenant qu'une con-

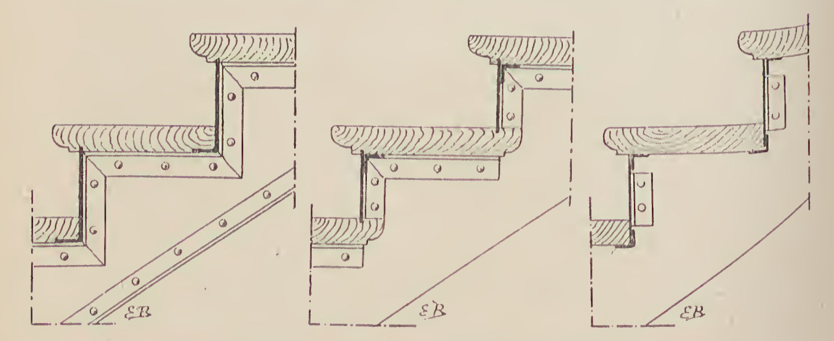


Fig. 880, 881, 882. — Divers assemblages de marches sur limons

tremarche en tôle de 0m,0035 à 0m,004 d'épaisseur et une

marche en chêne de $0^{m},041$ ou $0^{m},054$, la contremarche pénétrant dans le bois. Voici trois autres variantes figures 880, 881, 882.

Si l'escalier doit être plafonné, on peut construire la marche de la manière suivante : la contremarche en feuillard ou tôle de $0^{m},003$ à $0^{m},0035$ d'épaisseur, dépasse de $0^{m},005$ à $0^{m},007$ le découpage du limon, et cette différence vient s'engager dans une rainure poussée longitudinalement dans la marche ; cette contremarche est garnie en haut, sur sa longueur, de trois équerres ou bouts de cornière $0^{m},035 \times 0^{m},035$ et $0^{m},035$ à $0^{m},040$ de longueur, rivées et portant des trous de passage de vis, pour arrêter la marche.

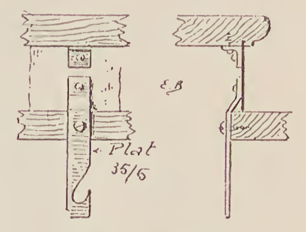


Fig. 883, 884.
Suspension de fentons.

Cette contremarche porte en bas trois crochets renvoyés qui supportent les fentons et portent un trou pour fixer par une vis la marche et la contremarche (fig. 883

Fig. 885. — Escalier vu en dessous.

884). La figure 885 montre la disposition d'ensemble de l'escalier vu en dessous avec suspensions des marches et des fentons.

Pour compléter la suspension des fentons, on place entre les

grands crochets des suspensions intermédiaires représentées figures 886, 887, qui sont fixées sur la marche en bois.

Marches en bois et fer démontables. — Il serait inutile d'insister sur les avantages que présentent l'amovibilité des marches; il est en effet précieux de pouvoir, sans faire de dégradations, changer les marches dont l'usage est devenu impossible par suite de défauts ou d'usure.

Premier exemple. — La combinaison la plus économique est celle que nous représentons figure 888; sa construction est presque identique à la précédente (marche fixe), mais avec sous-marche en cornière 40/20 et faux-limon; toute la suspension des fentons porte sur la sous-marche; les crochets, semblables à ceux représentés sur les croquis (fig. 886, 887), sont vissés ou rivés sur la cornière.

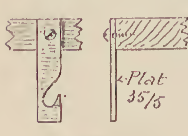


Fig. 886, 887. Suspension de fentons.

Comme dans le cas précédent, la contremarche dépasse la partie horizontale du découpage du limon; la marche est rai-

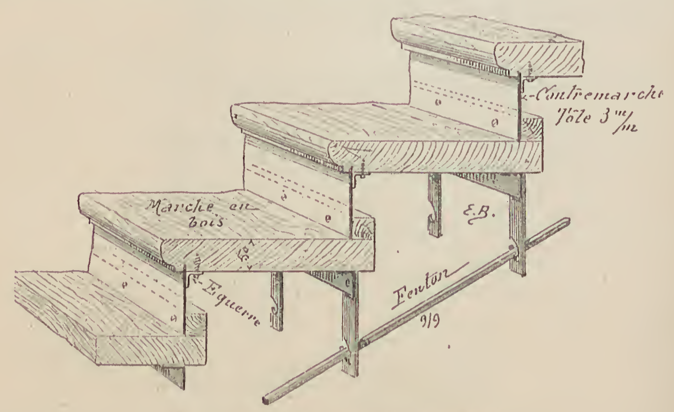


Fig. 888. — Marches démontables.

née de même et porte à la partie postérieure un liteau de chêne de 0m,03 × 0m,03 et 0m,50 de longueur qui est cloué sur la marche.

Les trois équerres destinées à assembler la contremarche à la marche sont fixées sur cette dernière.

Le mode de démontage fera comprendre ce système; les opérations nécessaires sont les suivantes :

1° Commencer par dévisser les deux extrémités de la contre-

marche assemblée sur les limons au-dessus de la marche à enlever;

2° Dévisser les trois vis qui passent dans la contremarche et s'engagent dans les trois équerres fixées à la marche ; dévisser de même les deux vis qui fixent le bas de la contremarche au liteau ;

3° Sortir cette contremarche;

4° Dévisser les trois vis du haut de la contremarche immédiatement au-dessous ;

5° Sortir la marche, qui est alors libre.

Deuxième exemple. — La contremarche, toujour comprises entre deux limons, est composée d'un fer Z à la partie supérieure, et à la partie inférieure d'une cornière dans laquelle sont rivés deux goujons (fig. 889).

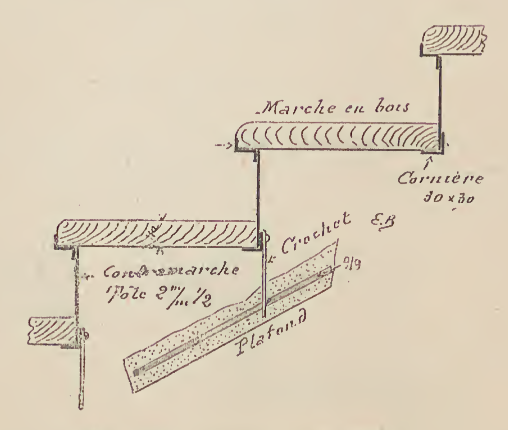


Fig. 889. — Marches démontables.

On place la marche dans laquelle s'engagent les goujons, puis on la laisse retomber dans le fer Z et on fixe à vis sous le nez de marche.

Troisième exemple. — La contremarche composée d'une cornière 110/30, armée en haut d'une cornière 25/25, ou même d'un feuillard et deux cornières, ou même encore simplement de la cornière 110/30 avec la petite aile à la partie supérieure et une sous-marche en cornière de 40/20 (fig. 890).

La marche joue librement entre la contremarche et la sous-marche et est fixée à vis sous l'astragale ; il ne faut donc, pour sortir la marche, que dévisser quatre vis sur la longueur.

Quatrième exemple. — Ce système (fig. 891), consiste en une contremarche en cornière de 100/37, 110/30 ou 135/30 (suivant les hauteurs de marches) assemblée avec un fer U 50/30 qui forme à la fois feuillure et sous-marche.

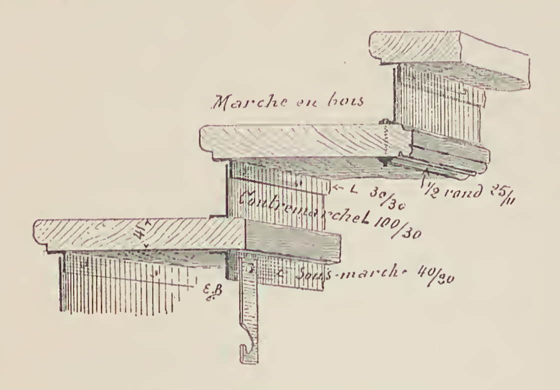


Fig. 890. — Marches démontables.

La suspension des fentons est faite comme pour les autres systèmes, mais seulement rivée ou accrochée sur le fer U formant sous-marche.

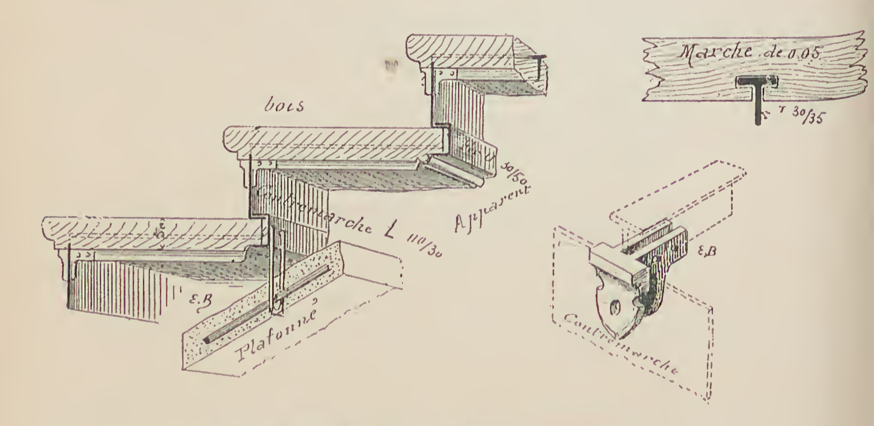


Fig. 891, 892, 893. — Marches démontables.

La marche, d'une construction spéciale, est rainée transversalement de trois rainures en forme de T, faites d'un trait de scie à mi-bois pour la partie verticale et d'une passe de toupie pour la rainure double horizontale. Dans ces rainures viennent s'introduire des fers T 30/35 qui font l'office de barres à queues

et empêchent la marche de voiler tout en permettant au bois de se gonfler ou de se retirer librement, suivant les variations atmosphériques (fig. 892).

C'est surtout dans les cages d'escaliers chauffées que ce système peut être utilement employé.

La partie antérieure du fer T est garnie d'un crampon à fourchette, rivé sur ledit fer, qui vient se fixer sur la contremarche, comme l'indique la figure 893, et l'autre extrémité repose dans le fer U.

Pour démonter la marche, il suffit de sortir les vis qui fixent les crampons ou modillons et soulever la marche en tirant à soi.

Marches entièrement en fer. — La marche proprement dite se fait ordinairement en tôle striée, plus favorable à la sûreté du pied. Le cas le plus simple ne comporte pas de con-

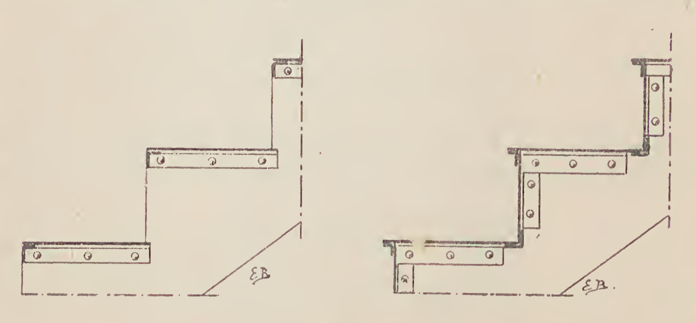


Fig. 894, 895. — Marches en fer.

tremarche, la tôle striée est armée sur le bord d'une cornière et repose aux extrémités sur le limon où elle s'assemble au moyen d'une cornière (fig. 894).

Avec contremarche, la marche porte deux cornières (fig. 895). L'escalier ainsi construit peut être plafonné.

La marche en tôle striée ne s'emploie guère que dans les escaliers d'usine, extérieurs, perrons d'habitations, etc.

Paliers droits. — Les paliers droits se composent d'un simple filet fait de fers à I, assemblés au moyen de brides et de croisillons, ou bien avec entretoises et boulons (fig. 896, 897) ; le reste du palier se fait comme un plancher ordinaire ; suivant l'épaisseur à observer, les solives reposent sur le filet ou sont assemblés dedans.

Paliers de repos. — C'est le cas qui présente dans les escaliers dits : *rompus en paliers*. On emploie pour ces paliers

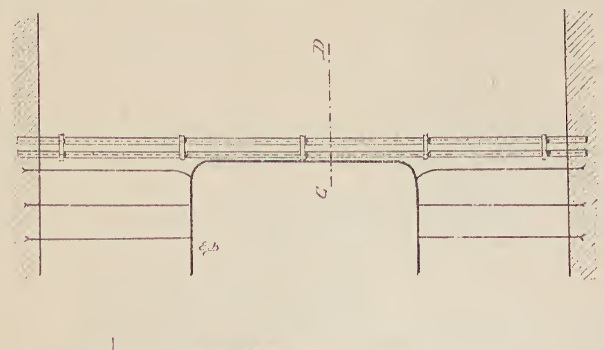




Fig. 896, 897. — Palier droit.

la disposition en bascule (fig. 898, 899), qui consiste en un petit filet placé diagonalement au palier, scellé aux deux extré-

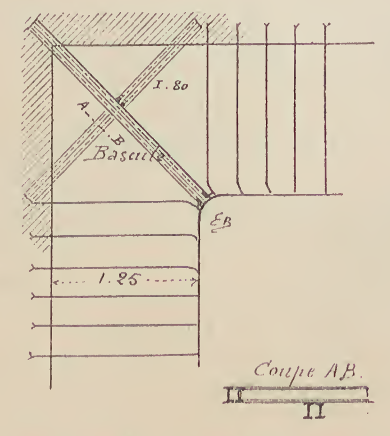


Fig. 898, 899. — Palier sur bascule.

mités et qui porte un autre filet perpendiculaire dont un seul bout va en scellement, et dont l'autre vient s'assembler sur le limon qu'il supporte.

On peut construire des bascules d'escaliers de service de

0m,75 à 0m,80 d'emmarchement avec un fer I de 0m,080, et même, si l'on est gêné pour la hauteur, par de simples fers méplats 0m,030 × 0m,50 ou encore 0m,40 × 0m,040.

Paliers biais. — Combinaison des deux précédents, les paliers se composent d'un filet construit comme celui du palier

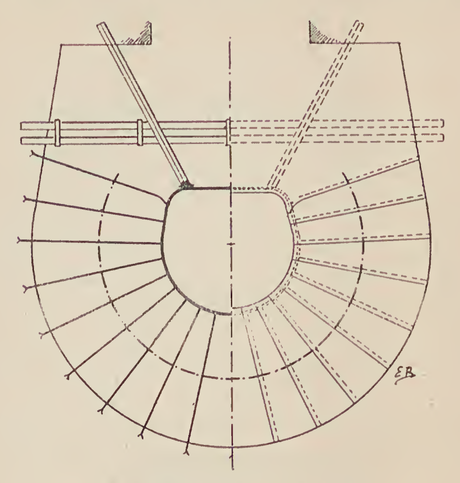


Fig. 900. — Palier biais.

droit, et qui porte deux bascules scellées d'un bout et assemblées de l'autre sur le limon au moyen de fortes équerres (fig. 900).

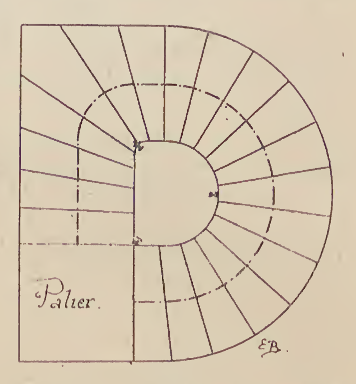


Fig. 901. — Palier sur montant.

Paliers sur montants. — Quoique rarement employé, l'escalier sur montants verticaux se fait quelquefois. Dans les

constructions nouvelles, on dispose un ascenseur au milieu de l'escalier et les guides concourent à la stabilité de l'ensemble (fig. 901).

Paliers en encorbellement. — Cette construction de paliers est presque toujours applicable, soit qu'à l'étude des planchers on ait prévu des solives passantes, soit, si le sens du

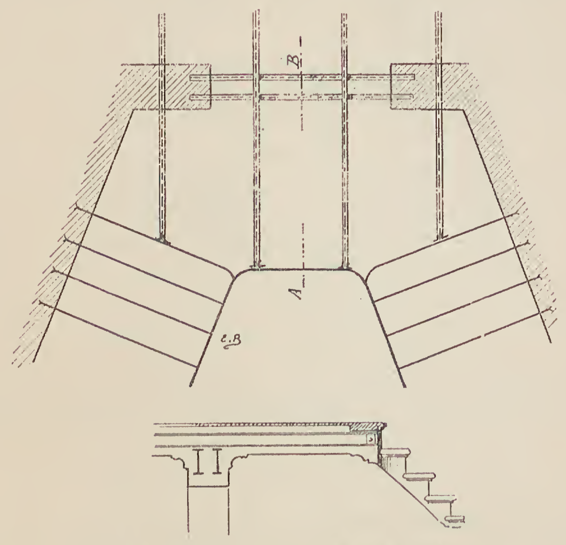


Fig. 902, 903. — Palier en encorbellement.

solivage ne le permet pas, en assemblant les solives d'encorbellement sur un chevêtre assez éloigné pour assurer l'équilibre (fig. 902, 903).

Ces solives reposent sur le linteau de la baie du palier, et peuvent être rendues solidaires par une portion de ceinture en fer U ou I scellée aux deux extrémités.

Assemblages de limons sur paliers. — Dans presque toutes les applications du fer aux escaliers on cherche à rendre le plus possible l'aspect que présente l'escalier en bois et les angles par exemple sont arrondis tout comme si on avait taillé le limon dans la masse. Certainement cet adouci en plan est fort gracieux, mais on comprend qu'un limon en fer se recourbant pour venir buter sur le palier, comme le montre la figure 904, fait ressort et se trouve dans de mauvaises conditions. Pour parer à cet inconvénient, deux moyens sont

employés : 1° le limon courbé est doublé d'une plaque de même épaisseur allant s'assembler d'équerre sur le palier (fig. 905) ; 2° faire le limon franchement droit, l'assembler sur le palier,

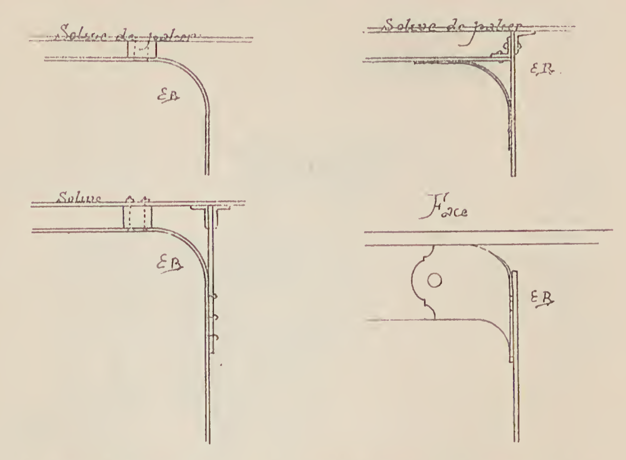


Fig. 904, 905, 906, 907. — Assemblages de limons sur paliers.

et faire le quartier tournant d'une tôle de faible épaisseur avec découpage décoratif à chaque extrémité (fig. 906, 907).

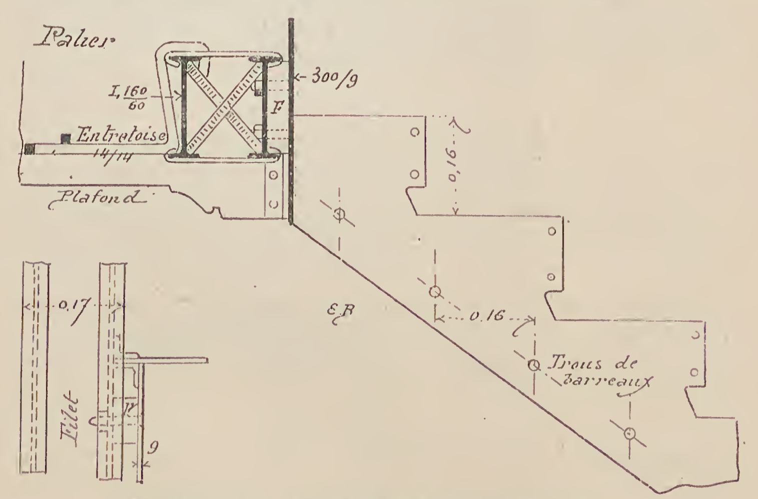


Fig. 908, 909. — Assemblage de limon sur palier.

Enfin, si l'assemblage est franchement fait d'équerre comme les figures 908 et 909 en donnent un exemple, le limon vient s'asseoir sur le filet et est réuni à ce dernier et au limon hori-

zontal par de fortes équerres. Si, au contraire, il s'agit d'un angle arrondi, le limon continue, et c'est le limon horizontal

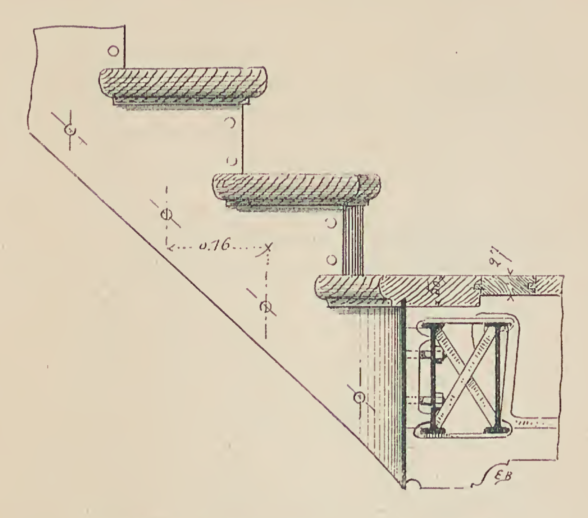


Fig. 910. — Assemblage de limon sur palier.

qui est assemblé directement sur le filet au moyen de boulons ; des fourrures en fonte occupent l'espace libre entre le filet et le limon au droit des assemblages (fig. 910).

RAMPES ET MAINS-COURANTES

Tous les escaliers qui ne sont pas entre murs sont munis d'un garde-corps qu'on désigne plus généralement sous le nom de *rampe*.

La rampe se fait à barreaux ou à remplissage et est recouverte d'une main-courante, elle est généralement commencée par un pilastre de départ, et même, parfois, par un amortissement en console renversée.

Barreaux à col de cygne. — Ces barreaux, ordinairement en fer rond, sont courbés sur un rayon de 0^{m},06 environ, épaulés à 0^{m},012 ou 0^{m},014 de diamètre, suivant la grosseur du fer, taraudés et boulonnés à l'intérieur du limon (fig. 911).

Les figures 912, 913 montrent la même disposition, mais avec rosace en fonte.

Les barreaux ronds employés dans les rampes varient de $0^m,016$ à $0^m,020$ de diamètre et leur écartement d'axe en axe est d'environ $0^m,16$.

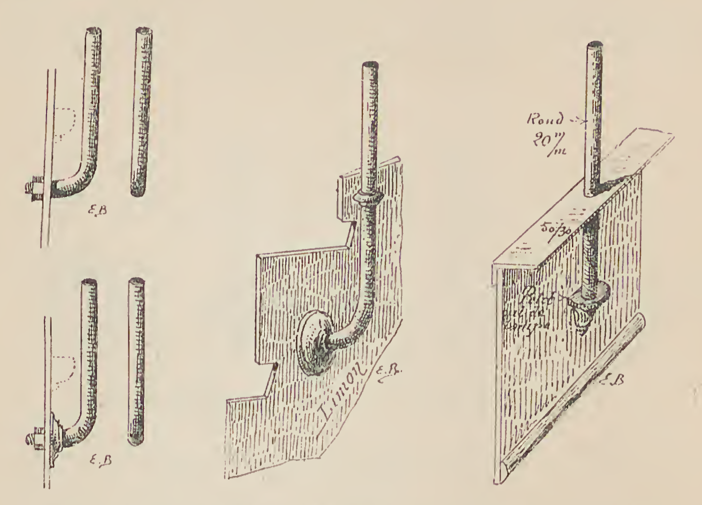


Fig. 911, 912, 913, 914. — Montage des barreaux sur limons.

Nous rappellerons ici que la hauteur de la rampe prise soit du dessus du palier, soit du dessus du nez de marche jusqu'au-dessus de la main-courante doit avoir 1 mètre, mesurée verticalement.

Barreaux traversant et à cul-de-lampe. — Cette disposition (fig. 914) offre toute garantie de solidité, le barreau passe dans la cornière qui borde le limon, par un trou oblique préparé à cet effet et vient reposer dans un petit cul-de-lampe en fonte fixé sur le limon.

Barreaux montés ou rampe à pitons. — Le piton ordinaire du commerce est en fonte, il porte un goujon prisonnier taraudé sur lequel on vient visser le barreau (fig. 915). Ces rampes sont peu solides et on est obligé de les consolider par des colliers enfilés sur les barreaux et fixés sur les marches par des pattes entaillées ; on en met ordinairement cinq dans un étage de $3^m,10$ de hauteur.

Nous donnons (fig. 916) un piton d'une plus grande solidité ; sa forme est seulement indiquée et peut être plus ou moins riche ; le barreau passe dans le piton comme dans une traverse ; il est goupillé ou vissé, et peut être terminé par un pontet.

La figure 917 est un piton du même genre que celui représenté figure 916, mais avec un barreau de fer carré.

Tous les exemples que nous avons donnés ci-dessus sont boulonnés à l'intérieur du limon, la pose ne s'en fait qu'après le hourdis de l'escalier, et, pour ce travail fait après coup, on

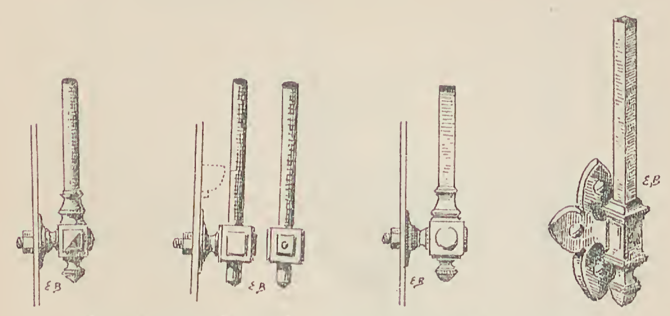


Fig. 915, 916, 917, 918. — Barreaux montés à pitons.

crève le plafond de l'escalier, ce qui nécessite des réparations.

Si, au lieu de prendre des pitons du commerce, on fait un modèle de piton spécial, on le fait venir de fonte avec un plateau d'assemblage comprenant trois ou quatre oreilles (fig. 918), et on le fixe à vis de l'extérieur ; la rampe est alors complètement démontable, et les réparations d'autant plus faciles.

BARREAUX MONTÉS A CRAMPONS

Le barreau est coudé, aminci et terminé par une patte élargie (fig. 919, 920), et percée d'un trou de passage ; au-dessous du coude on vient fixer le barreau sur le limon au moyen d'un crampon ou demi-collier, fixé au limon par deux fortes vis n° 26, taraudées dans le limon ; la patte inférieure est fixée également à vis.

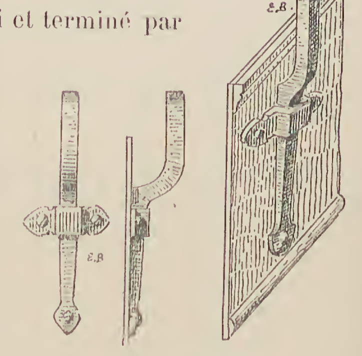


Fig. 919, 920.
Barreau monté à collier.

On peut employer ce moyen pour la rampe à panneaux, fixer de distance en distance des barreaux ou montants méplats, 18/25 par exemple, les réunir par des traverses et faire un barreaudage léger, ou un remplissage en fer forgé.

Les barreaux carrés présentent plus de consistance que les barreaux ronds ; on leur donne cependant d'habitude les mêmes dimensions : 0m,016 à 0m,020 de côté.

Quand il s'agit de montants devant recevoir des traverses, on les fait en fer méplat présenté sur champ, et on leur donne 0m,016 × 0m,025 ou 0m,018 × 0m,030 environ.

ESCALIERS EN FONTE

Rarement on emploie la fonte pour faire des escaliers droits

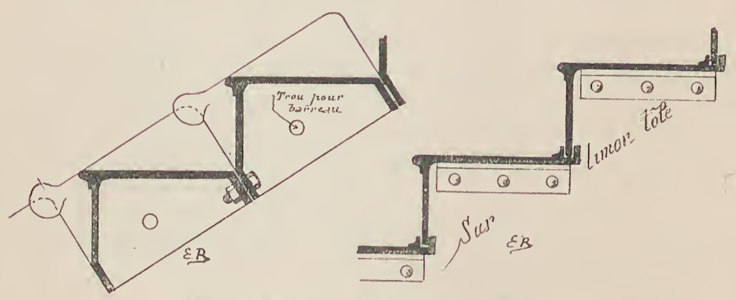


Fig. 921, 922. — Marches en fonte.

et d'une certaine largeur d'emmarchement ; on ne fait généralement en fonte que les escaliers à vis ou escargots de petite dimensions.

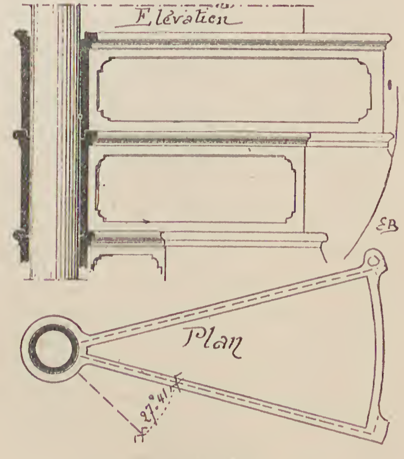


Fig. 923, 924.
Escalier à hélice en fonte.

La fonte présente l'avantage de se prêter à toutes les formes par le moulage, et par conséquent de permettre une décoration peu coûteuse, étant donné la répétition de pièces semblables que nécessite un escalier tournant.

Pour les marches droites, qui se font très rarement, nous donnerons seulement quelques sections de marches indiquant ce qui peut être fait ; mais étant donné que la fonte est

le plus cassant des métaux, nous conseillons à nos lecteurs de ne pas l'employer dans la construction des marches et des limons (fig. 921, 922).

Pour l'escalier tournant, la fonte a l'avantage de procurer une grande facilité de montage. En effet, chaque marche porte avec elle une partie de limon correspondant à sa portion de cercle, et une bague au centre qui vient s'enfiler sur un noyau (fig. 923, 924).

COMBLES ET FERMES MÉTALLIQUES

On désigne sous le nom de *combles en fer* les ossatures métalliques résistantes destinées à supporter la couverture d'un bâtiment ou d'un édifice. Ces combles se divisent en deux espèces : 1° *combles à surfaces planes ;* 2° *combles à surfaces courbes ou circulaires ;* espèces qui se subdivisent elles-mêmes en un grand nombre de formes et systèmes divers que nous allons examiner après que nous aurons parlé de certaines données et décrit schématiquement au moins les différents éléments composant les combles en fer.

Inclinaison à donner aux combles. — La pente ou inclinaison à donner aux combles dépend du genre de couverture adopté. On désigne par pente ou inclinaison l'angle formé par le plan incliné de chaque rampant d'un comble avec l'horizon. Cette pente s'exprime de plusieurs façons : 1° en degrés ; 2° en pente par mètre, c'est-à-dire la tangente naturelle pour un angle donné et sur un rayon d'un mètre ; 3° par le rapport entre la hauteur du comble et sa demi-largeur.

De plus, on doit tenir compte : *premièrement*, du *climat* qui oblige, dans les contrées où les pluies et les neiges sont abondantes, à donner aux toitures une forte inclinaison. On doit cependant se tenir à une limite raisonnable parce qu'on comprend que plus la couverture se rapproche de la verticale, plus le développement est considérable et, par suite, la dépense plus forte ; *deuxièmement*, de la *capillarité* qui, dans nombre de cas, peut avoir de sérieux inconvénients. Certains matériaux, les ardoises, les tuiles par exemple sont spongieux, se mouillent facilement : l'eau remonte dans les joints à une grande distance. Il faut donc pour ces matériaux de couverture une pente considérable.

En résumé, l'inclinaison doit augmenter en raison directe de la porosité des matériaux et de la petitesse de leur recouvrement.

La pente à 45° est celle qui convient le mieux pour les combles

couverts en ardoises et en tuiles plates. Nous avons donné, figure 682, les inclinaisons qui conviennent aux différents systèmes de couverture et y avons joint les développements correspondant aux diverses pentes.

Différentes formes de combles. — Les combles se divisent en deux espèces : les combles à surfaces planes et les combles à surfaces courbes.

Ceux à surfaces planes sont : 1° les *appentis* ou combles à un

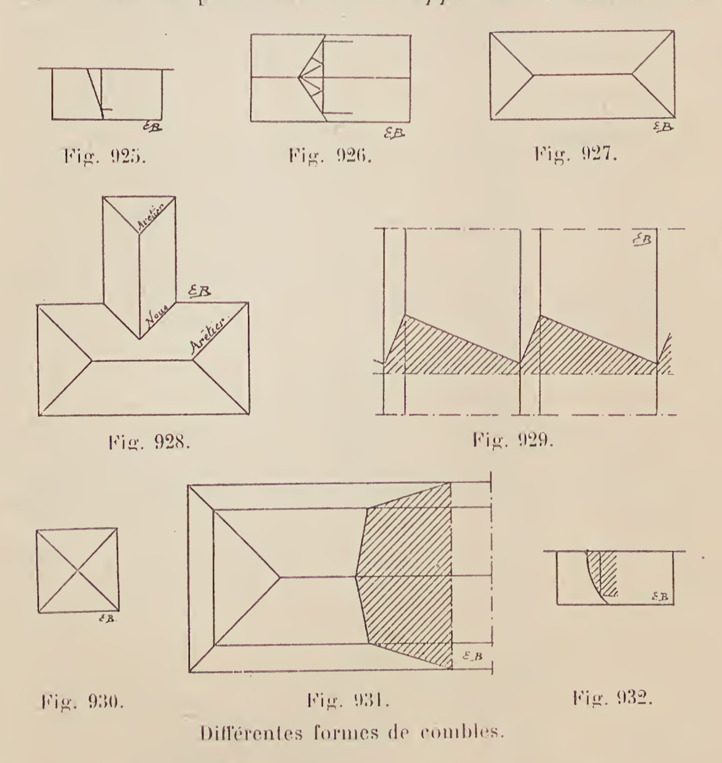


Fig. 925. Fig. 926. Fig. 927. Fig. 928. Fig. 929. Fig. 930. Fig. 931. Fig. 932.

Différentes formes de combles.

versant (fig. 925); 2° les combles à *deux égouts* ou versants égaux ou non (fig. 926); 3° les combles à *croupes*, à trois ou quatre égouts (fig. 927); 4° les combles *s'intersectant*, c'est-à-dire pénétrant les uns dans les autres (fig. 928); 5° les combles *Shed* à deux versants inégaux (fig. 929); 6° les combles à *pavillon carré*, à égouts égaux et triangulaires (fig. 930); 7° les combles *brisés* ou combles à la Mansard (fig. 931),

Ceux à surfaces courbes sont : 1° les *appentis en arc*, à courbe régulière ou irrégulière (fig. 932) : 2° les combles *en arc*

régulier, plus ou moins armés (fig. 933) ; 3° les combles en

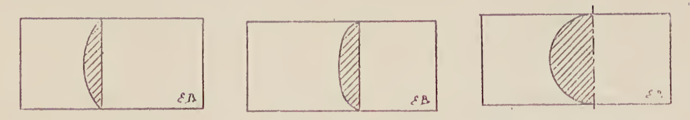


Fig. 933, 934, 935. — Différentes formes de combles.

anse de panier (fig. 934) ; 4° les combles en *plein cintre* (fig. 935) ; les combles en *ogive*, formés de deux arcs de cercle

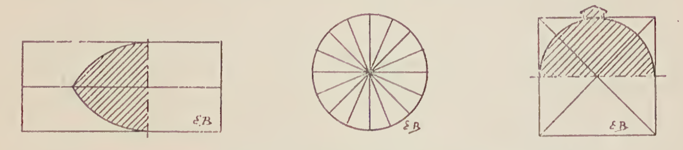


Fig. 936, 937, 938. — Différentes formes de combles.

(fig. 936) ; 6° les combles en dômes demi-sphériques, carrés ou polygonaux (fig. 937, 938).

Fig. 939. — Ferme indéformable.

Fig. 940. — Ferme système Polonceau.

Composition d'une charpente de comble. — Une charpente se compose de (fig. 939, 940) :

1° De *fermes*, dont chacune est composée de deux arbalétriers, d'un entrait ou tirant, d'un poinçon, de bielles, de liens, de contrefiches, etc. ;

2° De *pannes*, pièces qui franchissent l'espace entre les fermes et les relient entre elles ;

3° De *chevrons*, qui reposent sur les pannes et sont placés parallèlement aux fermes ;

4° De *lattis* destinés à recevoir les tuiles, etc. ;

5° De *noues*, pièces placées sous les angles rentrants qui portent le même nom et que nous avons indiquées figure 928 ;

6° D'*arêtiers*, pièces placées aux angles sortants (voir même figure).

Combles en appentis. — Les combles composés d'une seule pente, c'est-à-dire ceux n'ayant qu'un seul égout ou versant sont appelés *appentis*.

Un appentis est généralement adossé à un mur plus élevé ; des demi-fermes, scellées dans le mur d'adossement, viennent reposer sur une sablière sur colonne, ou simplement sur un mur. Dans la construction métallique l'appentis est ordinairement constitué par des arbalétriers en fer I portant des pannes en même fer (mais de dimensions moindres) assemblées dedans (fig. 941). Si la portée est grande, on peut soulager l'arbalétrier par une contrefiche (fig. 942) ou encore employer l'arbalétrier à haute section croisillonné.



Fig. 941. — Appentis.

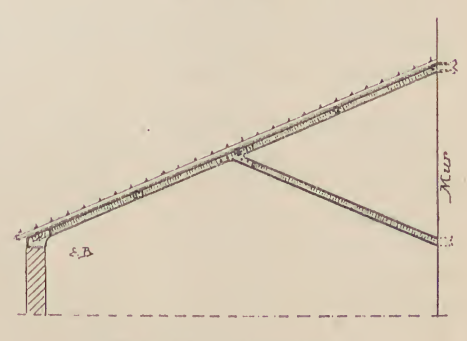


Fig. 942. — Appentis.

Ces combles peuvent être vitrés ou munis de tout autre système de couverture. Pour vitrerie, les chevrons (ou, dans le cas particulier, les *petits-bois*) sont faits en fer à T et sont simplement vissés sur les pannes. Pour tuile, on fait les chevrons

écartés à des distances d'autant plus grandes que le lattis sera plus fort, soit $0^m,80$ à $2^m,50$ et plus (on peut supprimer entièrement le chevronnage et même les pannes en mettant les arbalétriers plus rapprochés et en équerrant quelques lattis s'il y a lieu pour empêcher les arbalétriers de se voiler en cas de grande portée. Le procédé ordinaire consiste à donner aux demi-fermes une hauteur suffisante pour y loger la panne et le chevron ; quand on ne peut faire ainsi par suite de l'écartement des arbalétriers nécessitant de fortes pannes, on entaille les chevrons au passage des pannes.

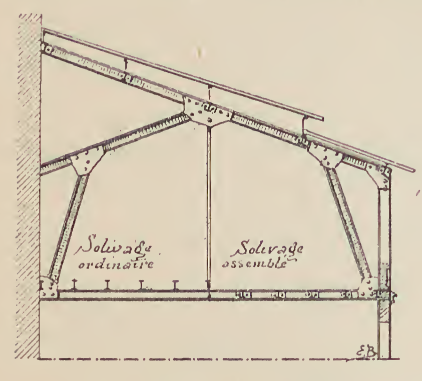


Fig. 943. — Appentis.

L'appentis est souvent employé pour ateliers, annexes d'ateliers, etc. ; il est alors muni d'un lanterneau (fig. 943), avec faux-plancher, pour obtenir en même temps plafond et grenier. Ce genre d'appentis se fait au moyen d'un entrait-moise en fer I soulagé au milieu par un poinçon et portant le plancher qui peut être posé sur l'entrait ou assemblé dedans.

L'auvent est un appentis qui est posé en potence contre un mur ou une construction quelconque ; nous n'en parlerons pas, l'ayant décrit dans notre *Traité pratique de serrurerie* en même temps que les marquises.

Combles sans fermes. — Pour couvrir des espaces restreints on se contente de faire reposer sur deux murs pignons un faîtage, des pannes et des sablières sur lesquels on pose un chevronnage s'il y a lieu (le chevronnage n'est pas nécessaire dans le cas de couverture en tôle ondulée) ; ces pannes et faîtage sont scellés à leurs extrémités dans les murs. Quand les murs pignons se trouvent être à une distance plus considérable, mais que la portée entre murs de longs pans est restreinte, on peut encore se contenter d'un



Fig. 944. — Comble sans fermes.

faîtage placé longitudinalement et auquel on donne la force nécessaire pour recevoir les chevrons qui viennent s'appuyer sur ledit faîtage à leur partie supérieure, et en bas sur une sablière métallique reposant sur le mur (fig. 944), ou encore s'assembler sur un chéneau. Suivant le mode de couverture adopté, les chevrons seront en fer T pour vitrage ; en fer I ou en poutrelle croisillonnée si la portée est grande.

Combles sans fermes avec lanterneau. — Ce genre de construction s'emploie quand, enfermé entre murs, on ne peut pas prendre le jour et l'air latéralement.

Deux faîtages espacés entre eux de la largeur du lanterneau sont placés dans le sens longitudinal ou transversal, suivant les cas, et sont entretoisés entre eux pour résister à la poussée des chevrons ; ils sont scellés aux deux extrémités dans les murs pignons et portent à leur partie supérieure, de mètre en mètre, des pieds-droits qui supportent une sablière ; un point d'appui au milieu porte sur les entretoises et reçoit le faîtage, les fers à vitrage viennent se placer sur ledit faîtage et reposent sur la sablière avec une saillie suffisante pour empêcher d'entrer l'eau chassée par le vent à une inclinaison de 45° environ ; cette saillie est donc déterminée par la hauteur des pieds-droits (fig. 945). Pour le reste, la construction est la même que celle du cas précédent. Cependant, il est à observer qu'on peut éviter les pieds-droits en se servant des deux poutrelles elles-mêmes pour faire la surévélation nécessaire au lanterneau (fig. 946).

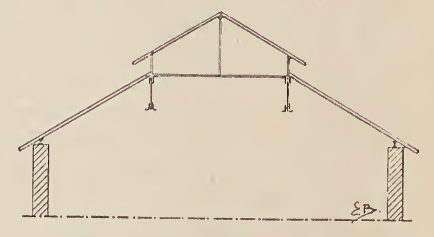


Fig. 945. — Comble sur poutres.

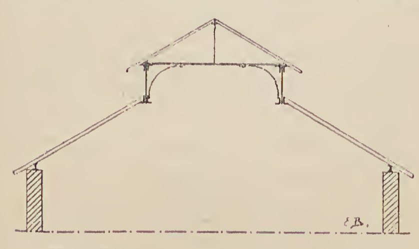


Fig. 946. — Comble sur poutres.

La partie verticale, qui reste ordinairement ouverte, peut être, si on a besoin de conserver à des moments donnés une température fixe, fermée par des châssis vitrés, ouvrant soit à soufflet, soit à charnières.

Charpentes sur poutres transversales sans fermes. — Supposons le cas d'un espace très allongé par rapport à sa

largeur, les murs ne devant être chargés que d'un poids vertical. On ne pourra pas employer un faîtage, la portée est trop considérable, il faut donc recourir à la ferme ordinaire ou, si on ne veut s'y résoudre, employer le moyen suivant : placer à des distances convenables, 3 à 4 mètres environ, des fers I ou poutrelles composées sur lesquels portent des pieds-droits ou chandelles (fig. 947).

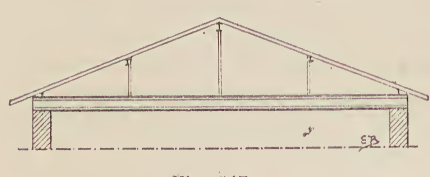


Fig. 947.
Comble sur chandelles.

Le pied-droit du milieu porte le faîtage, les autres portent les pannes espacées de $0^m,80$ à $1^m,90$ suivant le genre de couverture et l'importance de l'ensemble.

Nous avons vu que les deux premiers cas suppriment les pannes (dans les petites portées on ne peut appliquer ce genre de comble) ; dans celui-ci on supprime les chevrons, mais il faut employer pour couverture des éléments de grandes dimensions, ou le parquet en frises et le zinc, ou mieux encore la tôle ondulée et galvanisée.

Ce type peut être utilement employé dans un atelier avec deux galeries parce que, dans ce cas, les poutrelles reçoivent les paliers des transmissions, peuvent porter un chemin roulant suspendu, etc.

Charpentes économiques. — Les combles économiques ne conviennent en général qu'à des constructions provisoires et de peu d'importance.

Cependant certains types méritent d'être mentionnés parce que, dans nombre de cas, ils peuvent être utilisés.

Les charpentes économiques du système Plombla sont bien connues ; elles sont applicables dans les mêmes circonstances que les cas qui précèdent.

Composées d'un bois sous-bandé, réuni à la corde par de petits poinçons, ces fermettes peuvent aussi se faire entièrement en métal, le principe est bon. (Voir fig. 730 et 731.)

Un fer T cintré, un entrait en fer plat et des petits fers plats moisant le fer T et l'entrait constituent une excellente fermette ; c'est, en somme, ce que nous avons esquissé en parlant des poutres armées.

Les autres types de charpentes économiques procèdent de moyens bien connus, ce sont toujours les systèmes de fermes

existants qui sont amenés à leur plus simple expression et qui demandent parfois au fer un travail excessif.

Combles entre murs solides. — Entre deux murs solides, entre deux constructions pouvant résister à une forte poussée et faire pour ainsi dire fonction de culée dans les ponts en arc, on obtient facilement une charpente de couverture par deux plans inclinés pouvant résister à la compression, soit une section nervée propre à ne fléchir ni horizontalement ni verticalement, le fer I à larges ailes par exemple.

Les deux fers sont assemblés au sommet par deux platines qui les réunissent. Les pannes peuvent être assemblées dans les fers arbalétriers ou posés en contre-haut et assemblés au moyen d'équerres jouant le rôle de chantignoles semblables à celles que nous décrivons plus loin pour assemblage de panne en bois sur ferme métallique. (Voir fig. 998.)

Les pannes, placées en contre-haut, permettent l'établissement du chéneau au-dessus des fers ; si cependant on veut placer les pannes dans la hauteur des fers, on le pourra, à la condition de placer le chéneau à l'intérieur en dessous porté sur des corbeaux et suspendu aux fers.

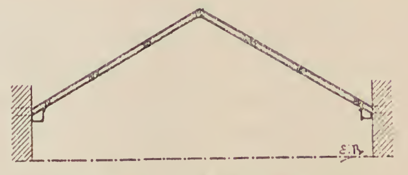


Fig. 948. — Arbalétriers butant.

On peut neutraliser la poussée, soit en haubannant le faîtage, suivant un angle dépassant 45°, ou par un tirant, placé au droit du faîtage et qui vient s'amarrer en dehors ; la partie de mur fait alors effet de bielle et sa consistance de maçonnerie permet de former deux triangles indéformables (fig. 948).

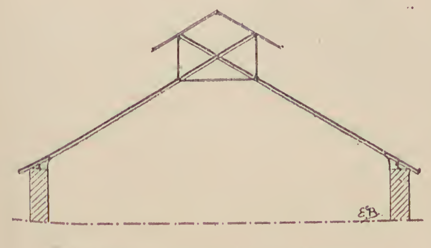


Fig. 949. — Comble en cornière.

Combles composés de chevrons avec lanterneaux. — Ces petits combles, qui ne dépassent pas 8 mètres entre murs au plus, sont faits en fortes cornières placées dos à dos et se croisant pour former lanterneau (fig. 949) ; ils n'ont pas de faîtage, mais deux pannes en même fer qui reçoivent le pied-droit et la couverture.

On soulage les cornières par des consoles et le lanterneau est fait en petits fers T à vitrage. Comme on ne peut pas mettre de liens, on comprend que cette construction demande à s'appuyer sur des murs pignons aux extrémités.

Combles constitués par la couverture. — On emploie encore beaucoup, surtout en Angleterre, les couvertures en tôle ondulée. On peut les établir sans tirants, entre murs solides (fig. 950, 951) ; mais elles trouvent surtout leur emploi avec tirant et poinçons, cas dans lequel elles sont applicables aux constructions isolées.

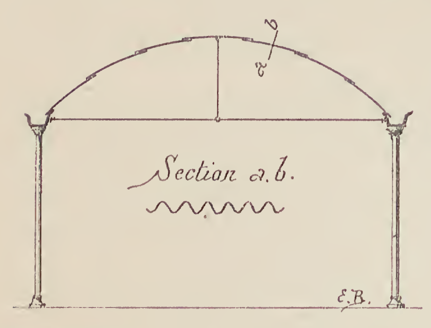


Fig. 950, 951. — Comble en tôle ondulée.

Les tôles ondulées sont cintrées et réunies par des rivets ; on doit avoir soin de disposer au sommet une feuille à cheval sur les deux égouts pour éviter l'eau, au faîte où l'inclinaison est nulle, et où elle resterait stationnaire surtout quand le rayon de l'arc est très grand.

Les Anglais se servent aussi des tôles ondulées comme parois verticales ; on les emploie aussi en France (les ateliers du chemin de fer de l'Ouest « Réparations » étaient ainsi construits). Nous avons même vu une église entièrement faite de tôle ondulée, mais nous n'avons pas à apprécier ici l'application des tôles aux parois.

Le recouvrement des feuilles les unes sur les autres est proportionnel à l'inclinaison ; il est d'autant plus considérable que la pente est plus faible. Voici les recouvrements minima :

INCLINAISON en DEGRÉS OU PENTES	RECOUVREMENT
45° ou 100/100	0m04
40° ou 84/100	0.05
35° ou 70/100	0.06
30° ou 58/100	0.07
25° ou 48/100	0.08
20° ou 36/100	0.09
15 à 10° ou (17 à 28)/100	0.10

Comble avec entrait supérieur. — Ce genre de ferme ut appliqué à la grande galerie de 34 mètres de portée de l'Ex-

position universelle de 1867 à Paris ; nous le choisissons comme exemple.

Les fermes de la grande nef étaient distantes de 15m,333 d'axe en axe, et se composaient de montants verticaux tubulaires en tôle à section rectangulaire (de 0m,90 × 0m,80 à la partie inférieure jusqu'à 7m,50 de hauteur et 0m,90 × 1m,35 jusqu'à la partie supérieure de la naissance de l'arc), reliés à la partie supérieure par un arc tubulaire en tôle d'une flèche de 6 mètres et d'une portée libre de 33 mètres.

Les montants étaient renforcés à l'intérieur, de mètre en mètre,

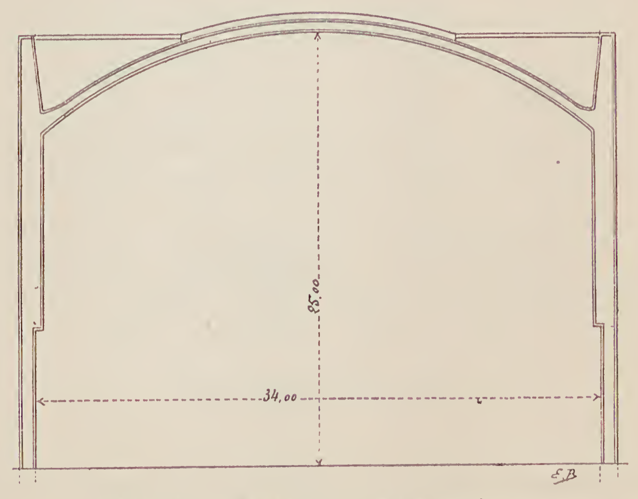


Fig. 952. — Ferme avec entrait extérieur.

par des croisillons en tôle et cornières consolidant les angles, et laissant libre l'espace central pour la conduite en zinc servant à l'écoulement des eaux de la toiture. Les arcs se composaient de deux tôles verticales pleines de 0m,80 de hauteur et distantes l'une de l'autre de 0m,65 ; les deux tôles étaient reliées de distance en distance par des cornières maintenant invariable la distance des deux faces de l'arc et s'opposant au voilement dans le sens transversal. De la partie supérieure de chaque montant, qui dépasse la naissance de l'arc de 5 mètres, partent deux tirants allant vers son sommet, et destinés à s'opposer à toute flexion de cet arc et à toute poussée au vide sur les montants (fig. 952).

Les arcs des différentes fermes étaient maintenus ensemble : par dix pannes ou poutres en tôle et cornières de 0m,35 de

hauteur au milieu et 0m,80 de hauteur, aux points de liaison avec les arcs ; 2° par un faîtage formé de deux pannes liées ensemble ; 3° par deux sablières doubles formant chéneau.

Ce système de ferme offrait une grande stabilité ; en effet, si l'on jette les yeux sur le croquis ci-après (fig. 953), on voit que les figures *abcd* et *efgh* étant indéformables par suite des scellements, tout mouvement des points *b*,*c* et *e*,*h* est impossible. D'un autre côté, par suite du tirant supérieur *l*, *n*, *m* (qui offre l'avantage de dégager complètement l'intérieur de la nef en contribuant à la hardiesse et à l'élégance de cette partie de la construction), les points *l* et *m* peuvent être considérés comme fixes. Les pièces *l*, *c* et *m*, *h* sont donc dans la position de deux solides encastrés en *l*, *b* et *m*, *e*, et soumis en *i* et *k* à l'action de deux forces *a* et *a'* résultant de la poussée de l'arc et tendant à les faire fléchir du dedans au dehors.

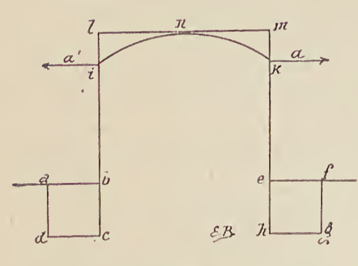


Fig. 953. — Schéma du système.

FERMES DIVERSES

Fermes avec tirant et poinçon. — C'est un type fort simple, composé seulement de deux arbalétriers, d'un tendeur et d'un poinçon (fig. 954). Il ne faut guère dépasser, avec ce système, une portée de 10 mètres, parce que autrement on serait forcé de dépenser sur les arbalétriers plus de matière qu'on n'en aurait économisée en contre-fiches et tirants. Cette ferme est destinée à supporter une couverture légère, zinc par exemple ; l'espacement des arbalétriers est 3m,80 d'axe en axe.

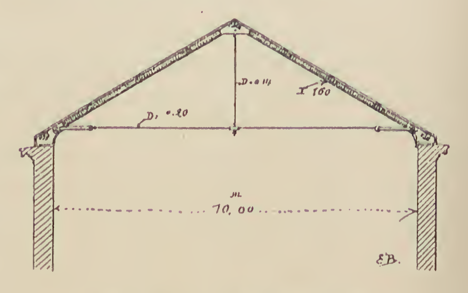


Fig. 954. — Ferme à tirant.

Notre second exemple (fig. 955) est disposé pour porter une couverture en tuile mécanique. Les espacements de fermes sont de 5 mètres.

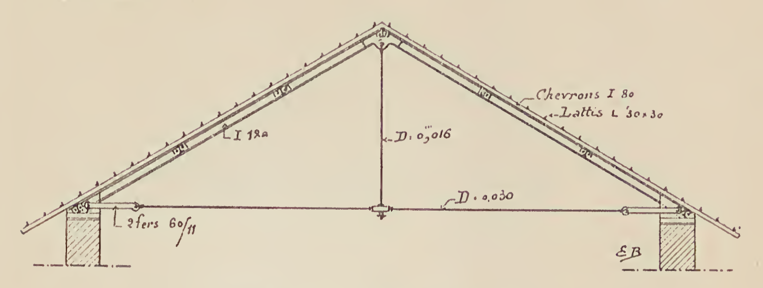


Fig. 955. — Ferme à tirant.

Ces fermes comportent trois assemblages principaux : 1° l'*assemblage au sommet*, pour lequel les deux arbalétriers, coupés à la demande, viennent buter l'un contre l'autre et sont réunis

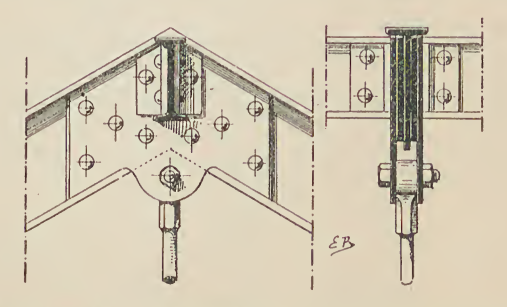


Fig. 956, 957. — Assemblage de poinçon au sommet.

par deux plaques épaisses ou quatre plaques plus minces dont les deux dernières amarrent le poinçon (fig. 956, 957). Sur cette même figure nous indiquons l'assemblage du faîtage ; 2° l'*assemblage d'une panne*, qui se fait au moyen d'équerres serrées par des boulons passant au travers de l'arbalétrier; 3° l'*assemblage au pied de ferme*, où le tirant est amarré au moyen d'un étrier d'une pièce ou composé de deux pièces, dont les deux sections réunies doivent toujours, au point le plus faible, dans l'axe d'un œil par exemple (fig. 958, 959), présenter une section supérieure d'au moins moitié de celle du tirant proprement dit comptée en millimètres. Les diamètres des boulons sont égaux à ceux des tirants qu'ils retiennent.

Quand ces fermes ne reposent pas sur des murs solides, il

faut équerrer les retombées pour éviter le roulement qui amènerait la destructiou de l'ouvrage.

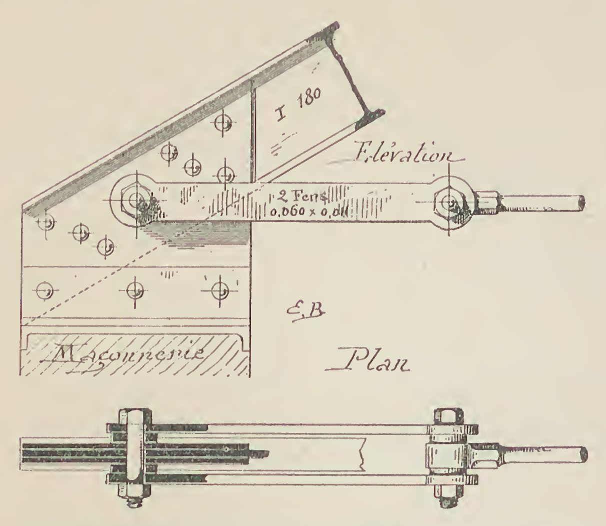


Fig. 958, 959. — Assemblage du tirant au pied de ferme.

Les mêmes fermes avec faux-entrait. — Cette disposition remplace dans une certaine mesure les contre-fiches, car en effet les arbalétriers se trouvent soulagés par la constitution du

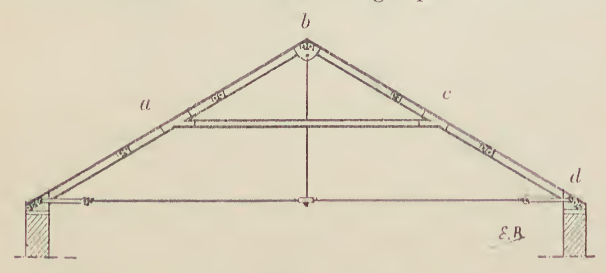


Fig. 960. — Ferme avec entrait et faux-entrait.

triangle *a b c* qui est indéformable ; l'arbalétrier n'a donc plus que la longueur *c d* qui, égale à *b c*, présente une portée très faible (fig. 960). L'emploi du faux-entrait ou entrait retroussé permet de faire des fermes sans contre-fiches jusqu'à 20 mètres de portée.

Fermes polygonales. — Ce genre de ferme comporte toujours un lanterneau dans toute la longueur, sauf dans le cas de

croupes, où alors le lanterneau se trouve limité à ces dernières. La ferme polygonale est formée de deux parties inclinées et d'une partie horizontale; le tout est maintenu par un tirant

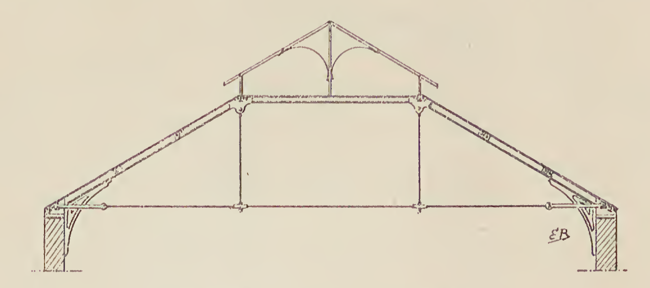


Fig. 961. — Ferme polygonale.

soulagé par deux poinçons (fig. 961). Cette ferme peut être construite en fer I comme notre exemple ci-dessus, ou en poutres pleines ou croisillonnées.

Ferme Polonceau. — Ce genre de ferme peut se faire mixte, c'est-à-dire en fer et bois en faisant les arbalétriers les contre-fiches et les poteaux en bois et tout le reste en fer ; pour

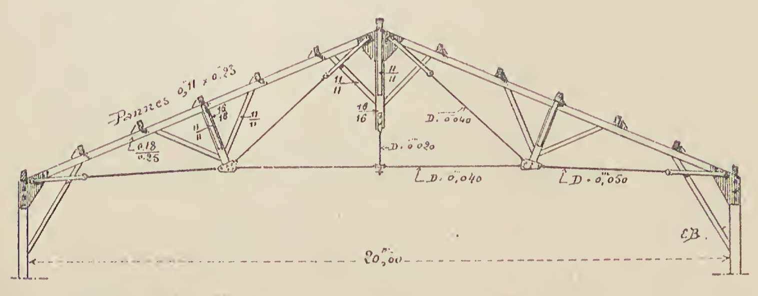


Fig. 962. — Comble de fer et bois, système Polonceau.

mieux dire, mettre en bois tout ce qui doit travailler à la compression et en fer tout ce qui doit résister à la traction. L'exemple que nous donnons (fig. 962) a une portée de 20 mètres et porte une couverture en tuile Müller à recouvrement. Les fermes, dans cet exemple, sont à 5 mètres d'axe en axe.

La ferme Polonceau est une véritable poutre armée ; elle est composée de deux arbalétriers soulagés par des bielles en fonte soutenues elles-mêmes par des tendeurs en fer. La figure 963 est une ferme destinée à recevoir du zinc, comme du reste son peu

d'inclinaison l'indique ; les fermes sont espacées de 3m,50 d'axe en axe.

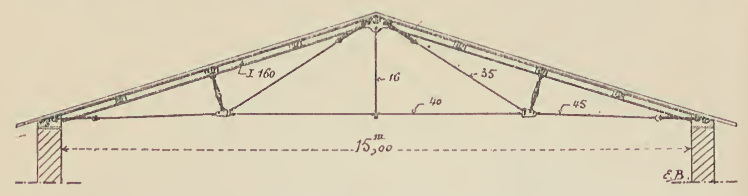


Fig. 963. — Ferme Polonceau.

Plus on augmente la pente des versants et moins la poussée vers l'extérieur est forte, on peut donc dans certains cas faire des charpentes élevées très légères dans le genre de celle que nous donnons figure 964.

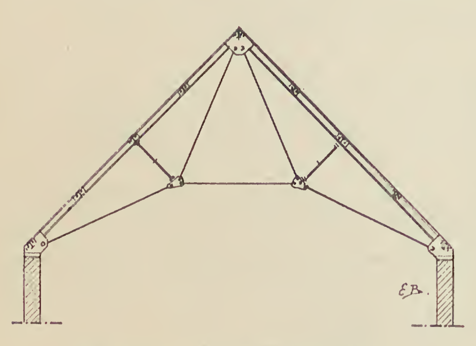


Fig. 964. — Ferme Polonceau.

La ferme à deux bielles ou contre-fiches convient à toutes les portées, mais cela obligerait parfois à employer des arbalétriers très forts et par suite très pesants. On a donc dans ce cas recours aux fermes à six contre-fiches (fig. 965), c'est-à-dire que la portée d'un arbalétrier se trouve divisée en quatre parties et que par conséquent la force peut en être considérablement réduite.

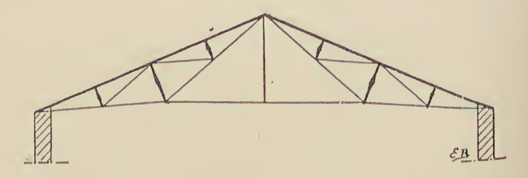


Fig. 965. — Ferme à six contre-fiches.

Un bel exemple d'application de la ferme Polonceau est la charpente de la gare d'Orléans à Paris, dont la portée dans œuvre est de 51m,250 avec 10 mètres d'écartement d'axe en axe des fermes. Outre son caractère de hardiesse, cette ferme est décorative ; les consoles en fonte parant au roulement sont ici d'un bon emploi (fig. 966).

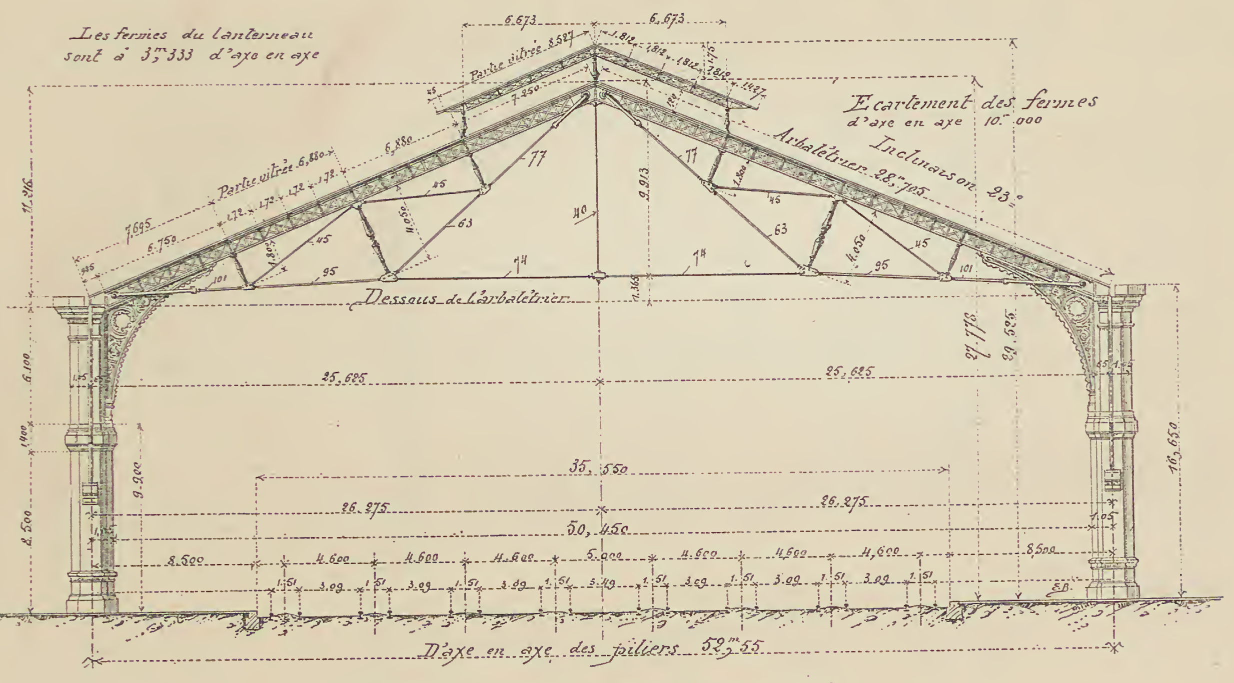


Fig. 966. — Comble de la gare d'Orléans, à Paris.

Détails de la ferme Polonceau. — 1° *Arbalétriers.* Cette ferme se prêtant aux plus grandes comme aux plus petites dimensions, on fait les arbalétriers en fer T pour petites portées, en fer I pour portées plus grandes, et enfin constitués par

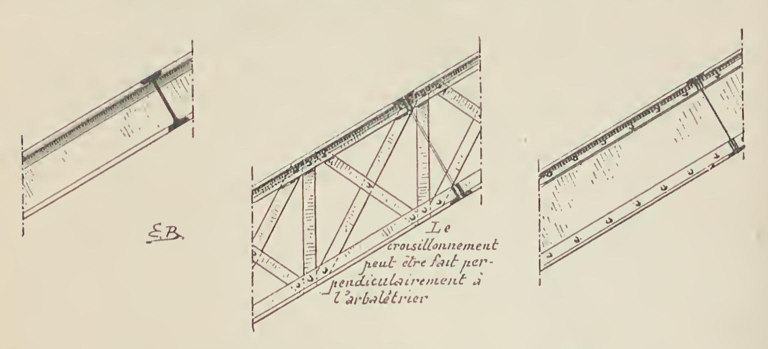


Fig. 967, 968, 969. — Différents arbalétriers.

de véritables poutres croisillonnées ou à âme pleine (fig. 967, 968, 969). — 2° *Bielles.* On appelle bielles ou contre-fiches les pièces qui, résistant à la compression, sont soulevées par des tirants et soulagent l'arbalétrier, soit en son milieu, soit en trois points de sa longueur.

Les bielles sont généralement en fonte, affectant la section

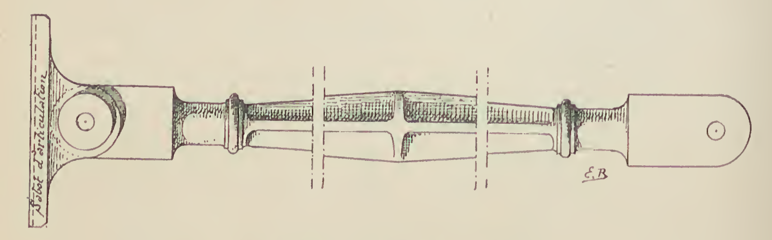


Fig. 970. — Bielle en fonte.

en croix et sont renflées vers le milieu (fig. 970) ; elles sont terminées aux deux extrémités par des parties moulurées formant bagues au delà desquelles les bielles portent une partie en forme de disque percé qui s'introduit entre les plaques d'assemblage et est fixée par un boulon. Le repos des bielles se fait sur les plaques d'assemblage, par la saillie de la bague ou astragale.

Les bielles se font aussi en fer croix (fig. 971) ou de deux fers T adossés (fig. 972), ou encore de quatre cornières avec tôle

fourrure intercalée (fig. 973) ; l'assemblage de ces diverses sections sur la ferme n'offre aucune difficulté (fig. 974 975, 976).



Fig. 971, 972, 973. — Sections de bielles en fer.

Dans la charpente mixte dont nous parlons précédemment, la bielle en bois est très bonne ; on peut la faire travailler au soulagement des fermes et des pannes en déchargeant sur elle,

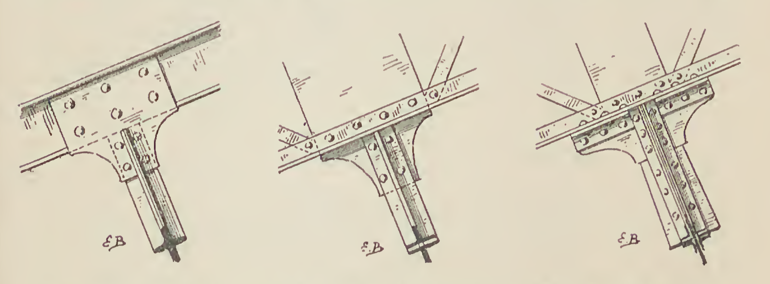


Fig. 974, 975, 976. — Assemblages de bielles en fer sur arbalétriers.

au moyen de liens, le poids dont elles sont chargées. — 3° *Étriers.* L'étrier ordinaire est une bande de fer simplement recourbée en forme d'U très allongé et percé d'un œil en *a* et d'un trou

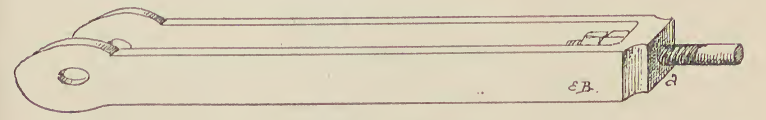


Fig. 977. — Étrier.

dans chacune des branches (fig. 977) ; on fait aussi l'étrier avec deux lames de fer plat placées de même que ci-dessus, mais soudées à leur autre extrémité à une masse percée d'un œil. Soit à la base, soit au sommet, l'étrier se place à cheval sur le fer arbalétrier, et on introduit le tirant taraudé dans l'autre œil, puis on boulonne entre les deux lames de l'étrier. L'étrier le plus simple est celui en deux pièces, c'est-à-dire composé de deux fers plats forgés aux deux extrémités en disques engagés de même épaisseur et obtenus par le refoulement, de manière à garder au moins une section égale à l'endroit percé qu'au

milieu du fer (fig. 978, 979, 980). Les deux pièces composant l'étrier sont posées de chaque côté de l'arbalétrier, l'aile du fer I est compensée par des fourrures *f* en forme de rondelles,

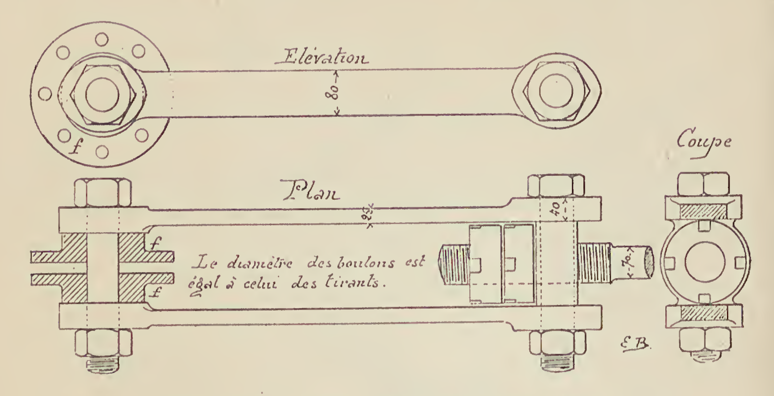


Fig. 978, 979, 980. — Étrier en deux pièces.

et le tout est boulonné par des boulons de même force que les tirants qui viennent s'attacher aux étriers. — 4° *Plaques*. Les plaques d'assemblage sont découpées dans de la tôle de bonne

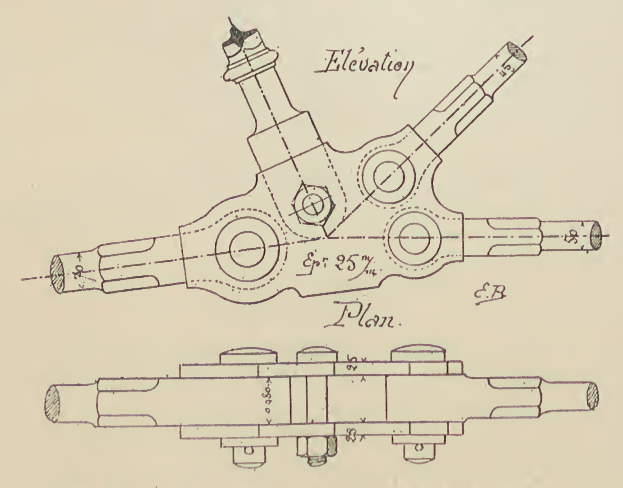


Fig. 981, 982. — Plaques d'assemblage de tirants.

qualité et de forte épaisseur ; elles reçoivent les bielles et les tirants (fig. 981, 982). — 5° *Tirants*. Les tirants sont généralement en fer rond, avec un œil à chaque extrémité, ou bien

taraudés s'ils doivent s'assembler au premier étrier décrit. Bien faits, ils sont forgés aux extrémités en section polygonale avec un œil élargi et aplati pour s'assembler dans les étriers et dans les plaques (fig. 983). — 6° *Moufles*. Pour conserver la possibilité de tendre les tirants, on emploie le moufle, plus souvent dénommé *lanterne*, à cause du jour intérieur; c'est une pièce allongée, une sorte d'étrier double dont les *œils* sont taraudés en sens inverses, ce qui fait que lorsqu'on fait faire un mouvement de rotation à la lanterne les tirants se rapprochent et se tendent. Le poinçon qui descend verticalement passe dans le vide de la lanterne et est boulonné en dessous; généralement, l'écrou qui le serre affecte la ferme d'un cul-de-lampe (fig. 984, 985).

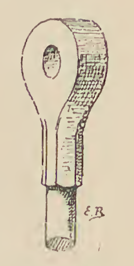


Fig. 983. Œil de tirant.

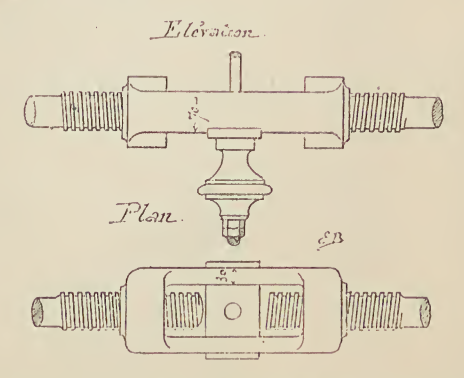


Fig. 984, 985. — Écrou à double pas ou lanterne.

Assemblage au sommet de deux arbalétriers. — Les deux arbalétriers destinés à constituer la ferme sont coupés à l'angle voulu et assemblés par de fortes plaques qui s'appliquent sur l'âme et remplissent l'espace entre les ailes ; ces plaques sont découpées à la demande et on y réserve l'attache du poinçon.

Le faîtage porte deux fortes équerres et est assemblé à boulons au sommet en pinçant les plaques et l'âme de l'arbalétrier.

La plaque couvre-joint est assemblée par au moins huit boulons, quatre de chaque côté; aux milieux des quatre trous se trouvent ceux qui doivent servir de passage aux boulons de serrage des étriers (fig. 986). On place ces derniers en interca-

lant entre eux et la plaque d'assemblage une rondelle qui

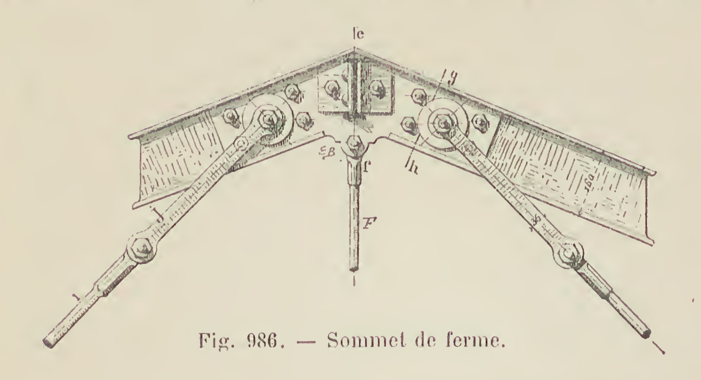


Fig. 986. — Sommet de ferme.

remplit l'aile du fer I et en isole l'étrier ; on fait de même du côté opposé, puis on boulonne (fig. 987, 988, 989).

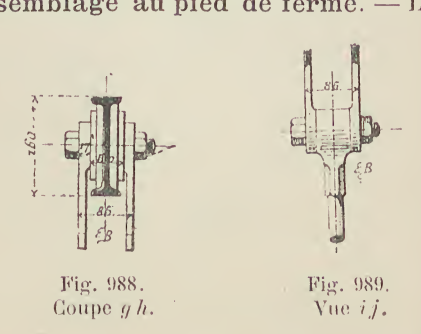


Fig. 987. Coupe *ef*.

Fig. 988. Coupe *gh*.

Fig. 989. Vue *ij*.

Assemblage au pied de ferme. — Le repos d'assise d'une ferme, ou sa retombée, se fait de différentes manières : 1° sur poteau métallique ou colonne en fonte. Dans ce premier cas, il suffit de deux joues en tôle pinçant l'arbalétrier et le poteau (fig. 990) ; dans le cas de colonne en fonte, cette dernière doit être faite exprès, c'est-à-dire avoir une forme favorisant l'assemblage, dans le genre de ce que nous représentons (fig. 991) ;

2° Sur mur avec sabot en fer. On appelle *sabot* l'empattement que prend l'arbalétrier au point où il repose sur le mur ; ce sabot peut être composé tout simplement de deux fortes équerres reposant sur une plaque en forte tôle recourbée à talons et occupant sur une longueur suffisante, en rapport avec la qualité de la maçonnerie, sur l'épaisseur totale du mur

(fig. 992). Très souvent aussi le sabot se fait en fonte ; cette

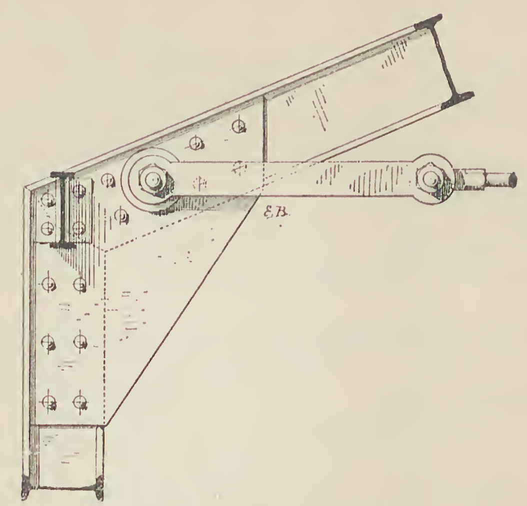


Fig. 990. — Pied de ferme.

pièce, préparée de forme pour laisser pénétrer l'arbalétrier,

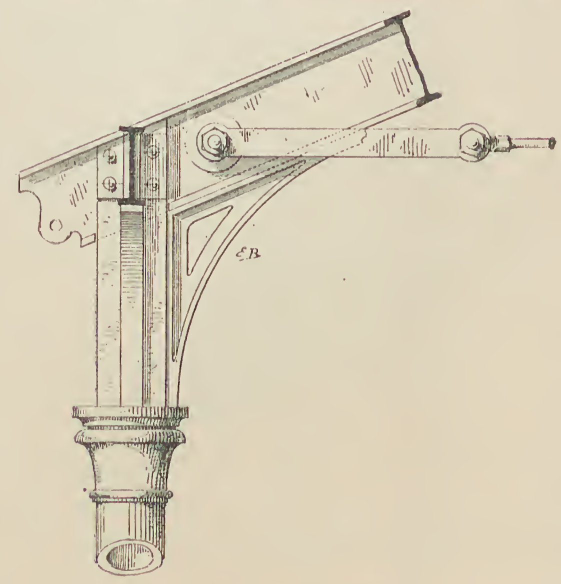


Fig. 991. — Pied de ferme.

reçoit en même temps l'attache du tirant au moyen de l'étrier

et porte la plaque de repos qui doit s'appuyer sur la maçonnerie (fig. 993, 994).

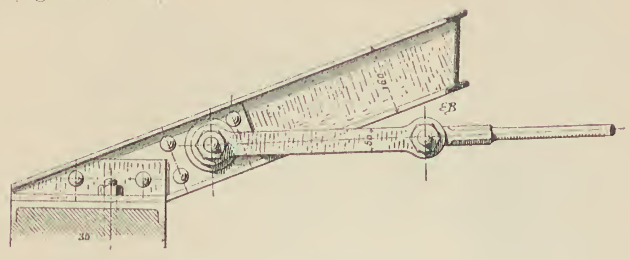


Fig. 992. — Sabot en fer.

Assemblages aux plaques. — Les plaques d'assemblage

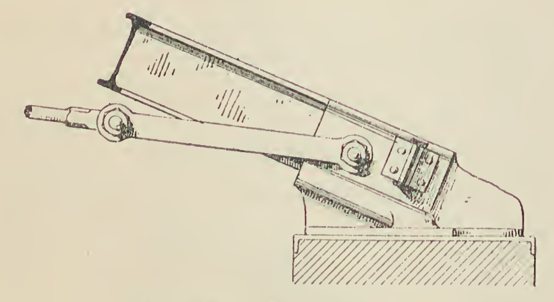


Fig. 993. — Sabot en fonte.

sont prises dans une forte tôle de $0^m,102$ à $0^m,030$ d'épaisseur, suivant les cas ; découpées comme le montrent les figures 981

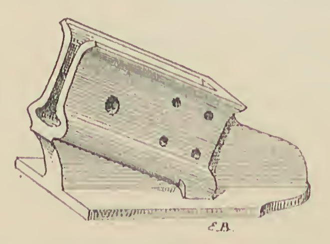


Fig. 994. — Vue perspective d'un sabot en fonte.

et 982 pour les attaches des contre-fiches et tirants, et percées de trous pour le passage des boulons.

Assemblages des pannes. — Assemblées au moyen de deux équerres comme le faîtage, les pannes ne présentent

aucune particularité. Cependant nous devons appeler l'attention sur la nécessité qu'il y a à réserver dans les fermes des parties pleines sur lesquelles les pannes pourront venir s'assembler (fig. 995, 996). Dans certains cas, on est amené à assembler la panne par-dessus

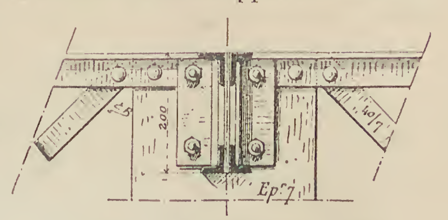


Fig. 995. — Assemblage de panne.

la ferme, au moyen d'une ou deux équerres (fig. 997) ; comme

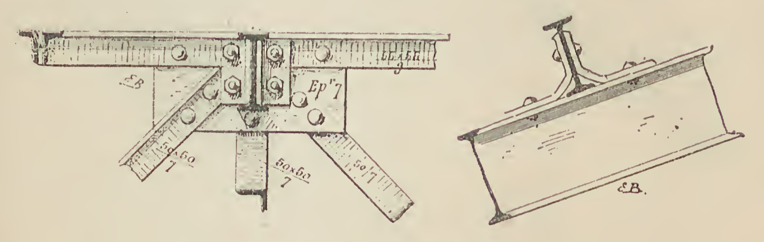


Fig. 996, 997. — Assemblages de pannes.

cela se pratique du reste dans les charpentes mixtes composées

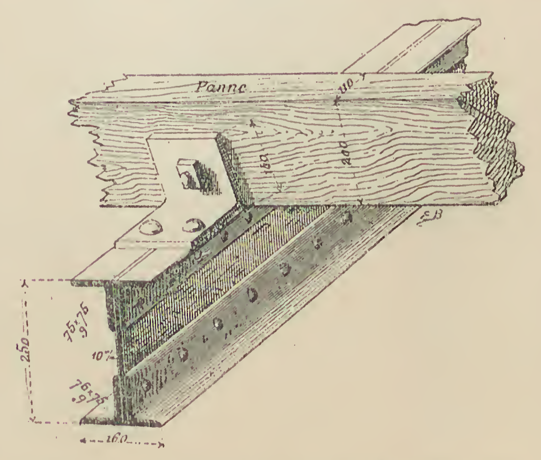


Fig. 998. — Panne en bois sur arbalétrier en fer.

de fermes en fer avec pannes en bois (fig. 998). Assemblées dans la hauteur de l'arbalétrier, les pannes en bois sont, comme celles en fer, fixées par deux équerres (fig. 999, 1000).

Sabots pour fermes mixtes. — Pour petites portées, on peut employer un moyen très simple qui consiste à armer la

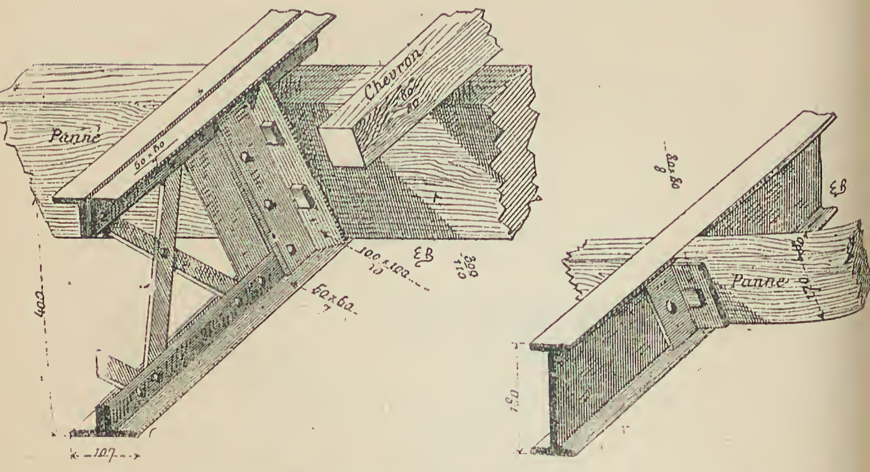


Fig. 999, 1000. — Assemblages de pannes en bois sur arbalétriers en fer.

plaque de repos d'une équerre, à faire buter l'arbalétrier sur

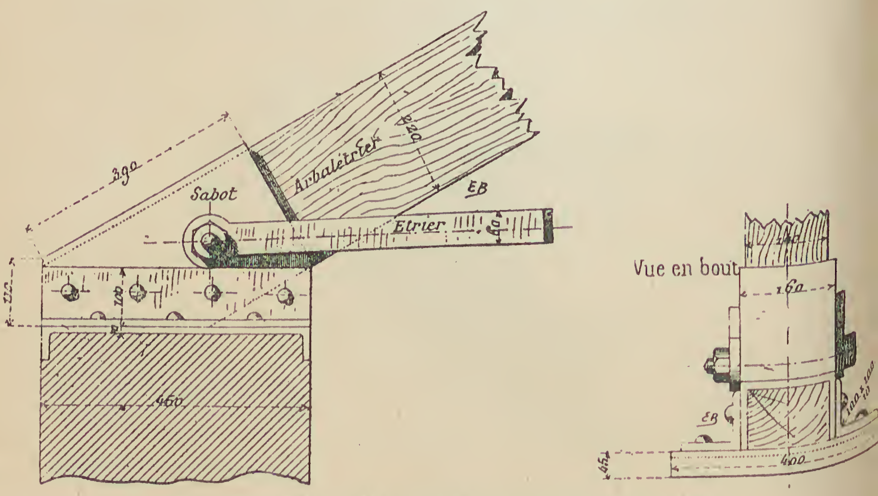


Fig. 1001, 1002. — Sabot en fer pour arbalétrier en bois.

ladite équerre qui percée d'un trou, laisse passer le tendeur qu'on boulonne en dehors, évitant ainsi l'étrier.

Un autre type est formé d'une tôle de $0^{m},010$, coudée et fixée

sur la plaque de repos au moyen de deux cornières : la partie

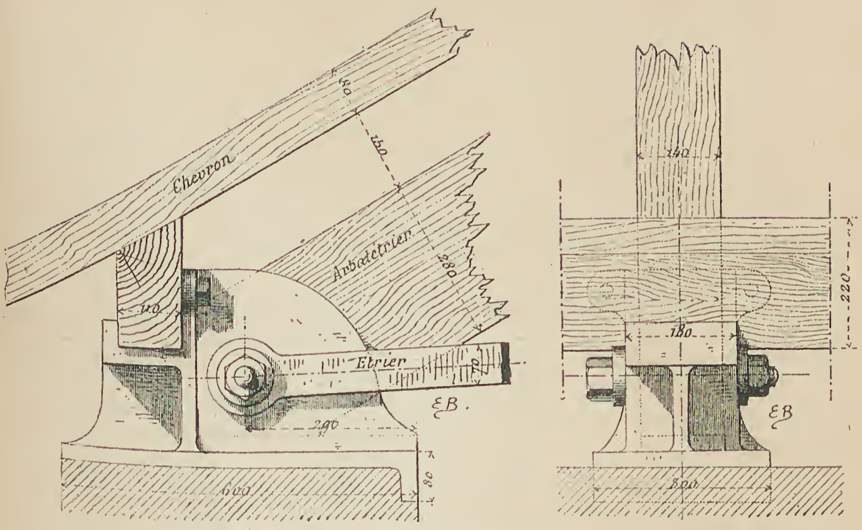


Fig. 1003, 1004. — Sabot en fonte pour arbalétrier en bois.

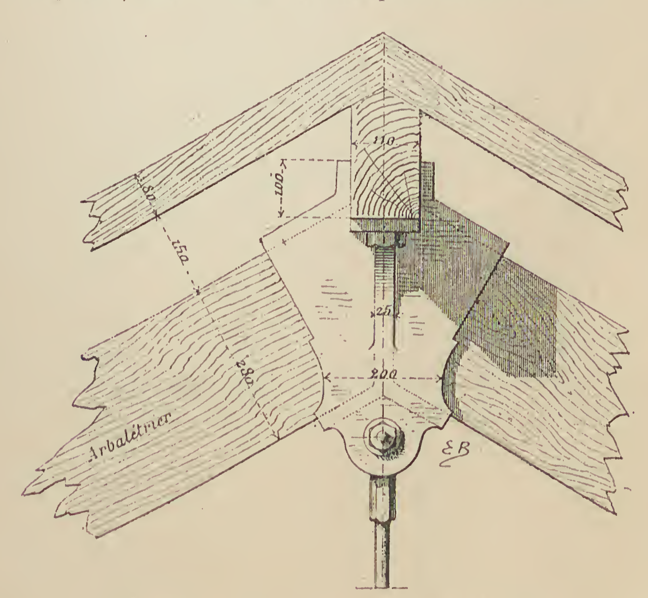


Fig. 1005. — Pièce de sommet en fonte.

inférieure de l'arbalétrier vient se coincer dans ce sabot, et

l'écartement de la ferme est assuré par un tirant que viennent embrasser les deux branches d'étriers (fig. 1001, 1002).

Si l'on est en présence d'un grand nombre de fermes semblables, on peut de préférence employer la fonte pour faire les pièces d'assemblages à la retombée et au sommet des fermes, les frais de modèles étant presque annulés par leur répartition sur un grand nombre de pièces (fig. 1003, 1004, 1005). En étudiant la pièce de fonte, il est facile de prévoir les formes devant faciliter les assemblages des bois, éviter les frais de main-d'œuvre en supprimant les coupes difficultueuses.

TABLEAU DONNANT LES SECTIONS DES DIFFÉRENTES PIÈCES COMPOSANT LES FERMES POLONCEAU

(D'après M. G. Oslet).

PORTÉE P	HAUTEUR H	ARBALÉTRIERS A	DIAMÈTRE DES TIRANTS en fer rond T	T'	T''	BIELLES B	AIGUILLES ou poinçons O	DISTANCE des FERMES
mèt.	mèt.		mill.	mill.	mill.		mill.	
12,00	2,30	I, 0,14 a. o.	21	29	15	Section de fonte variant suivant la forme et la charge à porter.	15	4,00
14,00	2,80	I 0,18 ou 0,20 a. o.	34	37	20		20	4,50 à 5,00
16,00	3,20	I 0, 22 a o.	40	43	25		25	5,00 à 6,00
34,00	6,75	0,26 a. o. ou poutre à treillis.	60	70	50		30	5,00 à 6,00

Fig. 1006

Calcul des principales pièces d'une ferme Polonceau. — Il faut tout d'abord connaître les données suivantes :

Portée de la ferme ;

Espacement des fermes ;

Inclinaison de l'arbalétrier sur l'horizontale ;

Charge totale que doit supporter la charpente.

La charge totale seule demande à être étudiée puisque les autres données sont toujours connues.

Cette charge totale se compose du poids propre de la charpente augmenté de la couverture et de la charge accidentelle due au vent et à la neige.

En moyenne, on peut tabler sur les charges suivantes :

100kg pour charpente en fer et vitrage, compris vent et neige;
120kg pour charpente en fer et couverture métallique ou zinc, compris vent et neige;
150kg pour charpente en fer et couverture en tuiles, compris vent et neige.

CALCUL DE L'ARBALÉTRIER.

Soit :

Portée de la ferme	16m
Espacement des fermes.	4m,50
Inclinaison de l'arbalétrier sur l'horizontale. . . .	25°
Charge totale par mètre carré.	120kg

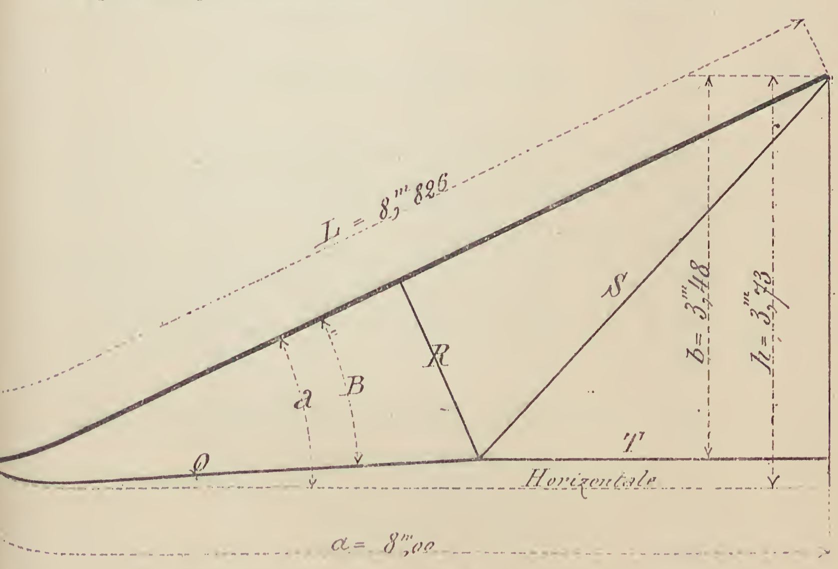


Fig. 1007. — Schéma d'une demi-ferme.

Longueur	R	calculée	1,784
—	Q	—	4,760
—	T	—	3,246
—	S	—	4,760

L'arbalétrier de 8m,826 de longueur peut être considéré comme une pièce reposant librement sur deux points d'appui

et chargée uniformément dans sa demi-longueur d'un poids de :

$$4,413 \times 4^{m},50 \times 120^{k} = 2383 \text{ kg.}$$

En appliquant la formule de l'égalité des moments fléchissant et résistant et remarquant qu'on doit tenir compte de l'inclinaison en multipliant par le cosinus de l'angle, on aura :

$$\frac{PL \cos 25^{o}}{8} = R \frac{i}{n}$$

ou

$$\frac{2.383 \times 4,413 \times 0,91}{8} = \text{moment fléchissant} = 1196,21.$$

Prenant R = 8,000,000, c'est-à-dire le fer travaillant à 8 kilogrammes par millimètre carré de section :

$$\frac{i}{n} = \frac{1196,21}{8.000.000} = 0,0001495.$$

Si on cherche la valeur $\frac{i}{n}$ correspondante dans les sections de fers à I, on trouvera un fer de 200 ordinaire pesant $22^{kg},72$ le mètre courant.

Si, en remplacement du fer I on voulait employer une poutrelle à treillis, on chercherait et on trouverait une section de $0^{m},240$ de hauteur et quatre cornières $\frac{40 \times 40}{5}$, dont la valeur $\frac{i}{n}$ calculée donne :

$$\frac{\frac{0.08 \times 0,24^{3} - (0,07 \times 0.23^{3} + 0,01 \times 0,16^{3})}{12}}{0,12} = 0.0001481.$$

Le calcul du treillis de l'arbalétrier se fait de la manière suivante :

L'effort au point le plus fatigué du treillis est exprimé par $F = \frac{5}{8} P \cos \alpha$, ou $0,625 P \cos \alpha$.

Si la composition du treillis donne toujours deux barres en présence, on divisera par 2 et si les barres sont inclinées à 45°, on multipliera par $\sqrt{2} = 1,414$.

On aura donc

$$F = \frac{0,625 P \cos \alpha \sqrt{2}}{2}$$

Et remplaçant par les valeurs :

$$\frac{F = 0,625 \times 2383 \times 0.91 \times 1.414}{2} = 954,25.$$

Faisant travailler les barres à 8 kilogrammes par millimètre carré de section, en divisant 954,25 par 8, on aura le nombre de millimètres carrés contenus dans la section 189.28 ou 0,00018928.

Si donc on suppose aux barres de treillis une largeur de 0,04 on aura pour épaisseur

$$\frac{0,00018928}{0,04} = 0,0047, \text{ soit } 0^{m},005, \text{ donc un fer plat de } 40 \times 5.$$

Calcul des pannes. — Supposant les pannes espacées de $1^{m},70$, puisque leur portée est égale à $4^{m},50$, espacement des fermes, elles porteront :

$$1,70 \times 4,50 \times 120^{kg} = 918^{kg}.$$

Considérant les pannes comme reposant librement sur deux points d'appui et chargées d'un poids uniformément réparti, il sera facile de trouver, par la manière ordinaire, la valeur de $\frac{i}{n}$ et, par suite, la section à choisir soit pour fer double T, soit pour poutrelle à treillis.

Mais dans ce dernier cas la formule employée pour le treillis doit être dégagée des $\frac{5}{8}$ et du cosinus de l'angle dus à l'inclinaison.

Cette formule devient en cas de doubles barres à 45°

$$F = \frac{P\sqrt{2}}{2} \text{ ou } \frac{918 \times 141}{2} = 647,19.$$

Faisant travailler le fer à 8 on aura :

$$\frac{647,19}{8} = 80,9 \text{ ou } 0,0000809$$

et si on donne aux barres $0^{m},03$ de largeur, l'épaisseur deviendra

$$\frac{0,0000809}{0,03} = 0^{m},003$$

Calcul des tirants. — Nous désignons les tirants par des lettres, comme il est indiqué figure 1007 pour plus de clarté.

L'effort de pression sur la contre-fiche R est évidemment tout le poids supporté par l'arbalétrier dans toute sa longueur qui est :

$$2383 \times 2 = 4766$$

En raison de l'inclinaison on aura

$$\frac{5}{8} \text{PL} \cos a \text{ ou } 0{,}625 = 4766 \times 8{,}91 = 2710^{kg}$$

Connaissant la résistance à la compression de la fonte ou du fer il sera facile de déterminer la section de la contre-fiche qui, exécutée pour ne pas paraître trop légère à l'œil, est dans la pratique presque toujours trop forte.

La formule pour le calcul du tirant T est,

Tension $= \frac{p\,a^2}{2b}$ dans laquelle les lettres a et b sont les longueurs indiquées sur la figure, et petit p le poids par mètre courant sur l'arbalétrier qui dans ce cas est égal à $\frac{4\,766}{8^m,826} = 540.$

Remplaçant par les valeurs, on aura :

$$T = \frac{540 \times \overline{8}^2}{2 \times 3^m,48} = 4965{,}5$$

Faisant supporter au tirant un effort de traction de 8 kilogrammes par millimètre carré de section, on aura :

$$\frac{4965}{8} = 620 \text{ ou } 0{,}000620$$

Il suffit de trouver le rayon d'un cercle dont la surface =

$$0{,}000620\ r = \frac{\sqrt{0{,}000620}}{3{,}14} = 0^m,14$$

On peut donc employer pour ce tirant un fer rond de $0^m,03$ de diamètre.

La formule pour le calcul du tirant Q est $Q = \frac{13\ pa \cos a}{16 \sin B}$, remplaçant par les valeurs on aura $\frac{13 \times 540 \times 8.00 \times 0.91}{16 \times 0{,}34} = 8475$

Faisant travailler le fer à 8 kilogrammes et opérant comme ci-dessus pour trouver le diamètre, on aura :

$$\frac{8475}{8} = 10,59 \text{ ou } 0,001059$$

$$r \frac{\sqrt{0.001059}}{3,14} = 0^{m},018$$

On pourra donc employer pour ce tirant un fer rond de $0^{m},04$ de diamètre.

La formule pour le calcul du tirant S est

$$S = \frac{T \sin \alpha - \frac{8}{16} pa \cos \alpha}{\sin B}$$

remplaçant par les valeurs, on aura :

$$S = \frac{4962 \times 0,423 - 0,187 \times 540 \times 8 \times 0.91}{0,34} = 0^{m},012$$

Faisant travailler à 8 kilogrammes et opérant comme pour tous les autres tirants, on obtiendra un diamètre de $0^{m},025$.

Si on veut du reste éviter de faire ces calculs pour le tirant S, il suffira de le mettre un peu plus faible que le tirant T.

Fermes à contre-fiches obliques. — On fait en fer des fermes qui rappellent absolument les formes de la charpente

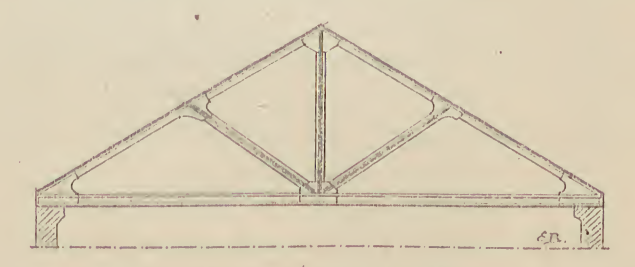


Fig. 1008. — Ferme à contre-fiches.

en bois, nous ne nous y arrêterons donc pas comme système, nous contentant de donner figure 1008 un exemple indiquant ce genre de construction.

Les fermes rigides à contre-fiches obliques sont très em-

ployées actuellement; elles se font suivant la portée à un plus ou moins grand nombre de contre-fiches. Elles ont un double avantage sur les fermes Polonceau, elles se mettent au levage plus facilement et leur façon est aussi plus simple; elles ne

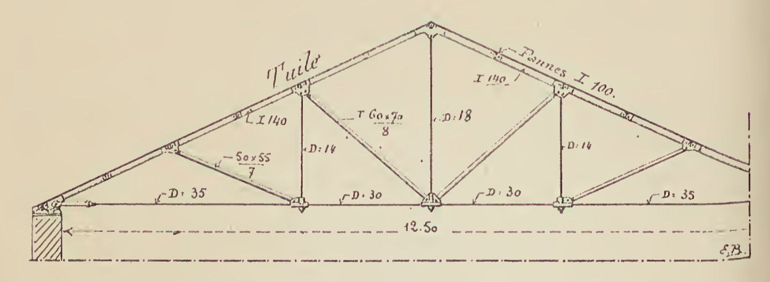


Fig. 1009. — Ferme à contre-fiches.

nécessitent aucune pièce de forge (fig. 1009). Fermes espacées de 4 mètres.

Dans ce genre de ferme, les contre-fiches peuvent être faites en fer T, en fer +, en fer U ou enfin en cornières; les aiguilles peuvent être en fer plat, mais très fréquemment on les fait en

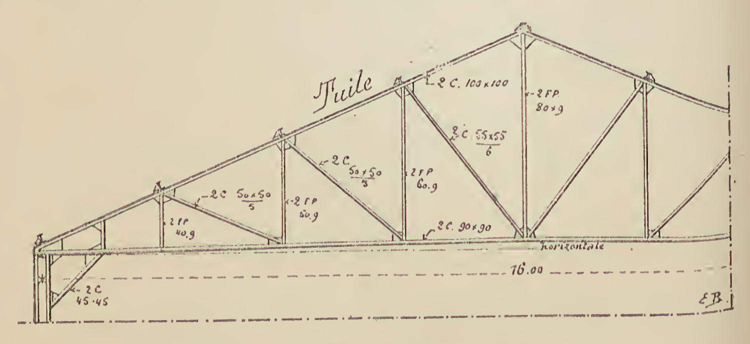


Fig. 1010. — Ferme à contre-fiches.

cornières (fig. 1010). Les fermes sont placées à 5 mètres de distance.

On fait aussi les fermes rigides du système triangulaire avec l'entrait relevé; cette disposition plus élégante est défectueuse en ce sens que la traction de l'entrait, qui tend naturellement à reprendre la ligne droite, se traduit par une traction sur les contre-fiches et les aiguilles et que la combinaison de ces efforts a pour résultat de fatiguer l'arbalétrier. Dans ce cas, il faut

donc toujours employer pour les aiguilles des fers nervés, cornières, en forme de T ou en croix (fig. 1011).

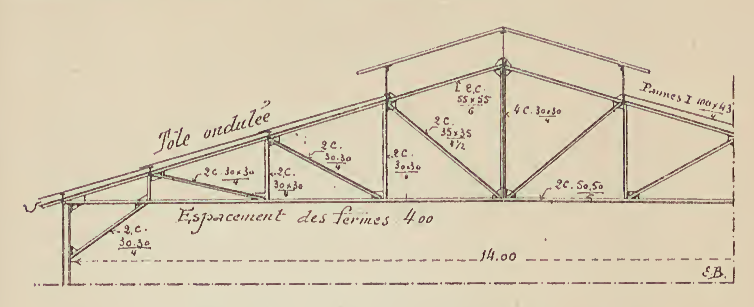


Fig. 1011. — Ferme à contre-fiches.

La même ferme se fait encore à croisillons ; les contre-fiches et les aiguilles sont en cornières (ou en fers nervés quelconques), et les barres de croisillonnement en fer plat. On donne une section à l'arbalétrier supérieure à celle de l'entrait.

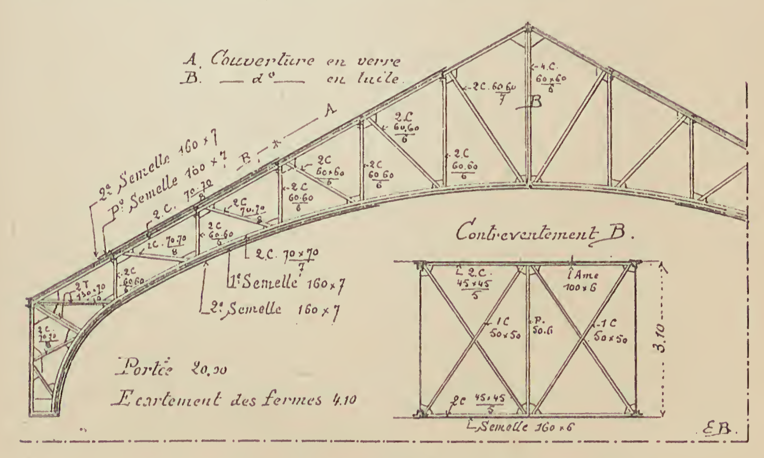


Fig. 1012, 1013. — Ferme cintrée, à contre-fiches.

Ce système triangulaire se prête aussi à la forme courbe à l'intérieur, comme le montre la disposition que nous donnons (fig. 1012, 1013).

TABLEAU DES DIFFÉRENTES SECTIONS COMPOSANT LES FERMES DU SYSTÈME TRIANGULAIRE

D'après M. G. Oslet.

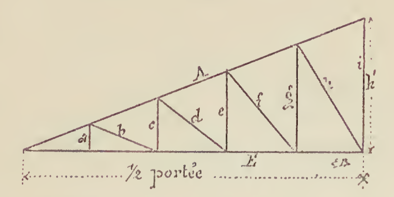


Fig. 1014. — Schéma d'une demi-ferme à contre-fiches.

PORTÉE	NOMBRE d'aiguilles	NOMBRE de contre-fiches	HAUTEUR h'	ARBALÉTRIERS A	TRIANTS E	PIÈCE a	PIÈCE b	PIÈCE c	PIÈCE d	PIÈCE e	PIÈCE f	PIÈCE g	PIÈCE h	PIÈCE i
15 à 16m	7	6	4m60	2 corn. $\frac{110\times70}{8}$	2 fers U $\frac{120\times30}{7}$	2 fers plats 54×8	2 corn. $\frac{65\times45}{5}$	2 fers plats 54×8	2 corn. $\frac{80\times50}{7}$	2 fers plats 60×8	2 corn. $\frac{80\times50}{7}$	»	»	2 fers plats 128×8
28m	9	8	6,80	2 corn. $\frac{120\times80}{9}$	2 fers U $\frac{175\times55}{10}$	2 fers plats 54×8	2 corn. $\frac{65\times45}{5}$	2 fers plats 54×8	2 corn. $\frac{80\times50}{7}$	2 fers plats 66×8	2 corn. $\frac{95\times60}{7}$	2 fers plats 81×10	2 corn. $\frac{110\times70}{7}$	2 fers plats 130×9

D'après M. Léon Griveaud, on peut obtenir le poids approximatif d'une ferme américaine par les formules empiriques suivantes :

E Écartement des fermes;
L Portée.

Tuile plate	$1,0 \times E \times L^2$
— mécanique	$0,7 \times E \times L^2$
Ardoise	$0,6 \times E \times L^2$
Zinc, Verre, Tôle ondulée	$0,5 \times E \times L^2$.

Charpentes avec points d'appui. — Nous répéterons ici

ce que nous avons dit au sujet des planchers, il faut mettre des points d'appui verticaux partout où cela n'est pas en désaccord avec les exigences du plan et de la destination du bâtiment à couvrir. Les montants verticaux peuvent d'ailleurs en nombre de cas être noyés dans une maçonnerie, ils sont alors invisibles et par conséquent peu gênants.

Fermes Shed ou à versants inégaux. — Les combles connus sous le nom de *sheds* ont été faits tout d'abord en Angleterre ; leur ensemble (ces combles sont généralement par groupe) présente parfaitement la disposition des dents d'une scie, d'où le nom de *combles en dents de scie*, qu'on leur donne. La forme de ces combles, qui peut paraître étrange si on ne se rend pas compte du but à atteindre, est très rationnelle si on observe qu'elle est choisie en vue d'un éclairage spécial. En effet, ces combles sont faits pour éviter la trop grande vivacité des rayons lumineux et pour cela la partie vitrée est toujours tournée vers le nord afin d'obtenir une lumière diffuse plus constante et par cela plus favorable à de nombreuses industries (fig. 1015).



Fig. 1015. — Groupes de combles Shed.

L'inclinaison varie dans une certaine mesure avec le genre de couverture employé ; cependant, comme somme toute il s'agit surtout d'introduire une bonne lumière en quantité suffisante, on peut d'une manière générale prendre la moyenne suivante : incliner la couverture proprement dite à 30° environ ; la partie vitrée à 60°, et par conséquent l'angle formé par la rencontre des deux versants sera de 90° ou à angle droit (fig. 1016).

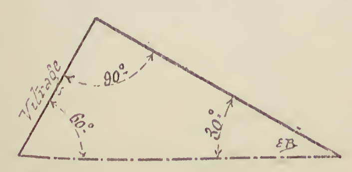


Fig. 1016. — Angles moyens.

Un des points faibles de ce genre de combles est le chéneau qui est presque toujours trop petit ; c'est un véritable chemin, très praticable, qu'on devrait faire pour ces combles qui presque généralement occupent une grande longueur et ne peuvent pas toujours avoir les écoulements d'eau suffisants.

Les sheds simples pour petites portées, de 4 à 6 mètres reposent sur des poutres portées par des poteaux ou colonnes et entretoisées entre elles par d'autres poutres ou poutrelles formant entrait (fig. 1017) ; dans ces conditions il n'y a pas d'arba-

létriers proprement dits, mais pour ainsi dire des chevrons assez rapprochés pour éviter les pannes et les chevrons et pouvoir permettre au lattis de franchir l'espace.

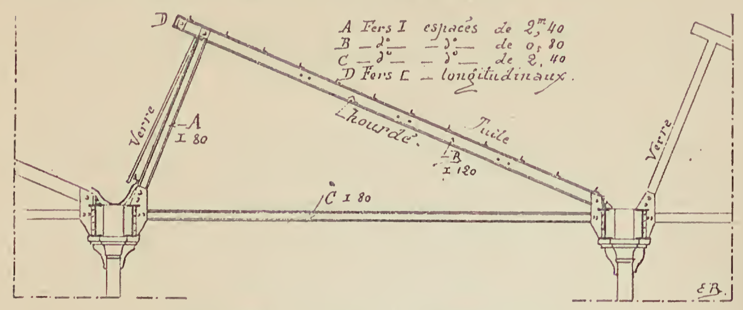


Fig. 1017. — Ferme du système Shed.

Quand les portées deviennent plus considérables, on peut

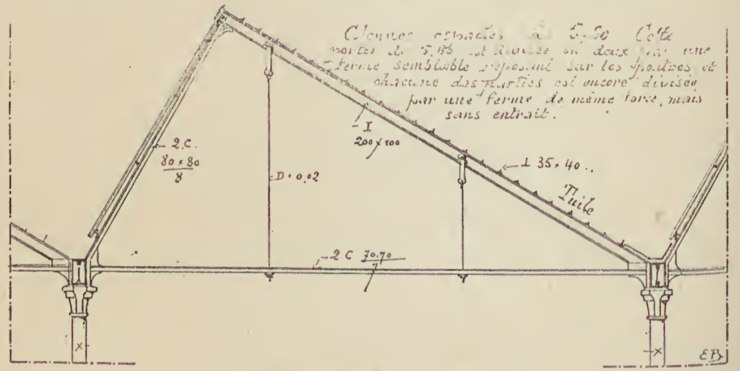


Fig. 1018. — Comble Shed à entrait.

employer les fermes pleines ou croisillonnées, avec entrait et aiguilles (fig. 1018).

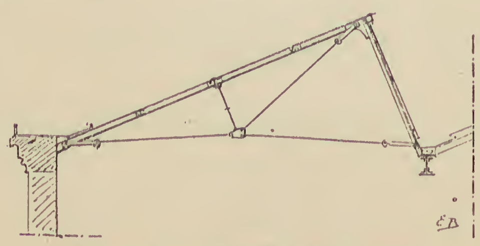


Fig. 1019. — Comble Shed articulé.

Avec contre-fiche oblique, le comble shed devient un comble ordinaire dont un des arbalétriers dépasserait le faîtage.

La contre-fiche perpendiculaire à l'arbalétrier s'emploie aussi, et dans ce cas la ferme ressemble à la moitié d'un comble Polonceau (fig. 1019).

Divers détails. — 1° *Arbalétriers.* Les deux arbalétriers d'un comble shed travaillent d'une façon différente ; le grand versant dont la portée est relativement considérable est soumis par le poids de la couverture à un travail de flexion, aussi cet arbalétrier est-il toujours fait d'un fer I ou d'une poutre quelconque. Le petit arbalétrier au contraire est une sorte d'étai supportant tout le poids du grand ; il travaille donc à la compression.

Pour le grand arbalétrier la formule est :

$$\frac{\text{PL} \cos. a}{8} = \text{R} \frac{i}{n}$$

a représente l'angle de l'arbalétrier sur l'horizon.

Pour le petit arbalétrier il suffit de multiplier sa surface en millimètres par un coefficient de sécurité très faible, de 4 à 5 kilogrammes.

Remarquons qu'on peut toujours dans une certaine mesure faire travailler toute l'ossature métallique de vitrage.

2° *Assemblage au sommet.* — Si les deux arbalétriers sont en fers I il suffit de faire sauter les ailes et de flanquer l'âme

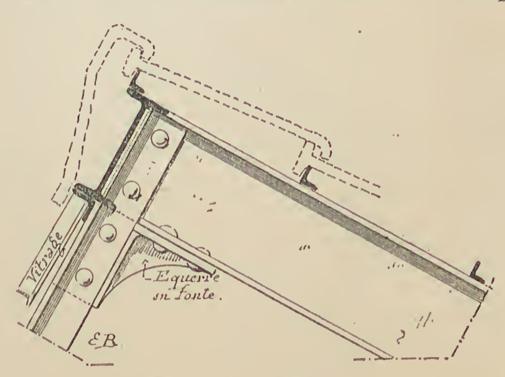


Fig. 1020. — Sommet.

de deux fortes plaques de tôle (fig. 1020). Parfois, on laisse dépasser l'arbalétrier proprement dit, comme dans l'exemple figure 1017, de manière à former une sorte d'auvent ; cette disposition est bonne, surtout quand il y a des parties ouvrantes.

Si le grand arbalétrier est fait d'une poutre croisillonnée, on le soutient par deux fortes cornières venant buter sous l'aile supérieure en moisant l'âme. Dans le cas de comble à contre-fiche perpendiculaire, ou du système articulé, les plaques d'assemblage du sommet servent en même temps de fourrures et sont traversées par le boulon d'attache du tirant (fig. 1021).

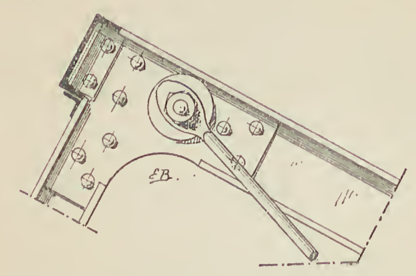


Fig. 1021. — Sommet.

3° *Assemblage au pied.* — Dans les contrées du nord surtout on doit étudier soigneusement cette partie. Il faut, à notre avis, faire un chéneau qui soit un véritable chemin, et pour cela il n'est rien de mieux, croyons-nous, que de le constituer de deux poutrelles assez distantes et recevant chacune une retombée d'arbalétriers (fig. 1022). Cependant on recherche de préférence

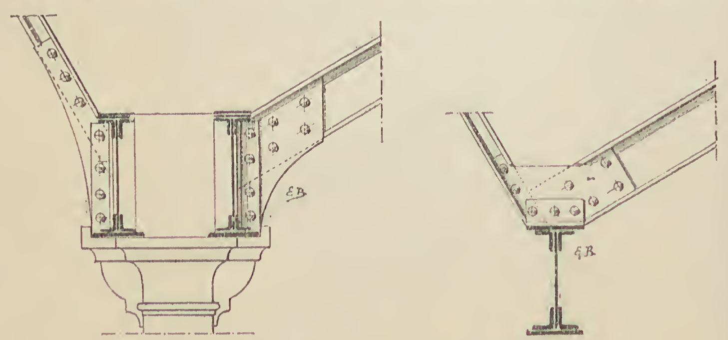


Fig. 1022, 1023. — Retombées ou pieds de fermes.

des solutions plus économiques, et le repos sur une poutre unique est certainement plus simple ; les deux arbalétriers sont assemblés sur la poutre (fig. 1023), ou l'un sur l'autre par des plaques latérales comme pour le sommet.

4° L'assemblage des pannes n'offre aucune particularité.

5° Dans la ferme shed ordinaire l'entrait est composé de cor-

nières ou de fer en fer **U** ; dans celle à contre-fiche perpendiculaire à la ferme l'entrait est en fer rond comme dans le système Polonceau.

Combles à la Mansard. — Les combles à la Mansard, ou combles brisés, ont principalement pour but d'utiliser à usage d'habitation les greniers que forment les charpentes supportant les toitures des maisons.

On grille en été dans ces combles et, comme de juste, l'hiver on y gèle, mais cela se loue... Nous n'avons d'ailleurs à nous inquiéter ici que de la manière de construire et non des qualités ou défauts que cette disposition peut présenter.

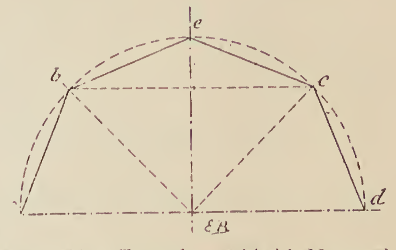


Fig. 1024. — Tracé de comble à la Mansard.

Ces combles sont à deux rampants ou égouts et brisés ; le trapèze *a*, *b*, *c*, *d* forme le *vrai comble* ou comble proprement dit, et le triangle *b*, *c*, *e*, est appelé faux comble. L'arête horizontale qu'on voit sur chaque versant en *b* et *c* accuse la brisure ou le changement d'inclinaison et se nomme *arête de brisure* (fig. 1024).

Quand on n'a pas à observer les règlements de voirie qui exigent que les combles soient compris dans un rayon déterminé, on peut les tracer de différentes manières donnant toujours un résultat satisfaisant, tant au point de vue de l'élégance qu'à celui de la commodité. Première manière : sur la plus grande largeur, donnée par le bâtiment à couvrir, décrire un demi-cercle allant de *a* en *d* en passant par *e* et diviser cette demi-circonférence en quatre parties égales *ab*, *be*, *ec*, *cd*, les lignes réunissant ces points donneront le profil du comble. La seconde manière présente peu de différence ; on divise la demi-circonférence en cinq parties égales, *ab*, *bb'*, *b'c*, *c'd*, *de* ; on réunit alors *a* et *b*, *bc*, *cd*, et *de*, en éliminant *d'c'*, et le comble est tracé (fig. 1025). Troisième manière : quand on a besoin de hauteur par suite du

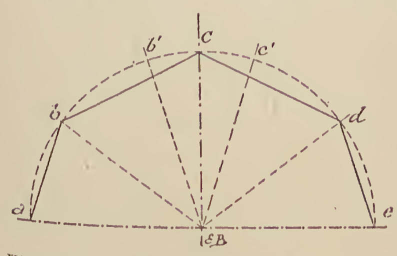


Fig. 1025. — Tracé de comble à la Mansard.

peu de largeur du comble, on emploie le tracé suivant : tracer la demi-circonférence et porter une tangante *bd*, parallèle à *ea* ; diviser le rayon en trois parties égales, faire de *af* la hauteur du faux comble et de *ag*, porté sur la tengente, sa demi-largeur. Réunir par des lignes *ab*, *bc*, *cd*, *de*, et le comble est arrêté de forme (fig. 1026).

Fig. 1026. — Tracé de comble à la Mansard.

Dans la construction des maisons d'habitation, les combles brisés se font le plus souvent en bois par raison d'économie, cependant on commence à employer le métal autrement que par exception.

Le fer I joue le principal rôle dans la construction des combles brisés métalliques ; suivant la distribution intérieure, le comble comporte plus ou moins de fermes, c'est-à-dire que dans certains cas, quand les cloisons peuvent être utilisées elles remplacent des fermes, il suffit pour cela de mettre dans l'intérieur de ces cloisons quelques montants en fer I ou tout autre propre à résister comme support.

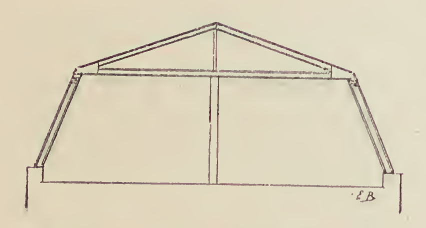


Fig. 1027. — Comble à la Mansard.

Voici (fig. 1027) une coupe indiquant la construction d'un comble de maison d'habitation. Sur les solives du plancher sont assemblées les semelles en fer plat de 100 × 8 ou en fer U de même largeur ; sur cette semelle, de mètre en mètre si la disposition des baies ne gêne pas cette disposition, on assemble au moyen d'équerres les chevrons de bris en fers I de $0^{m},080$ ou $0^{m},100$ suivant les besoins. Ces chevrons sont réunis entre eux par des entretoises en fer plat (fig. 1028), ou par des boulons chevauchés (fig. 1029) ; ces entretoises espacées entre elles de $0^{m},75$ à $0^{m},80$ environ. Sur la tête des chevrons de bris vient s'assembler la sablière en fer I de $0^{m},120$ à $0^{m},140$ posée à plat qui reçoit le faux plancher en fer I de dimensions proportionnées au peu de travail auquel ce plancher ne portant que le plafond, sera soumis; ces fers espacés

aussi d'environ 1 mètre. Comme on le voit, nous avons, dans

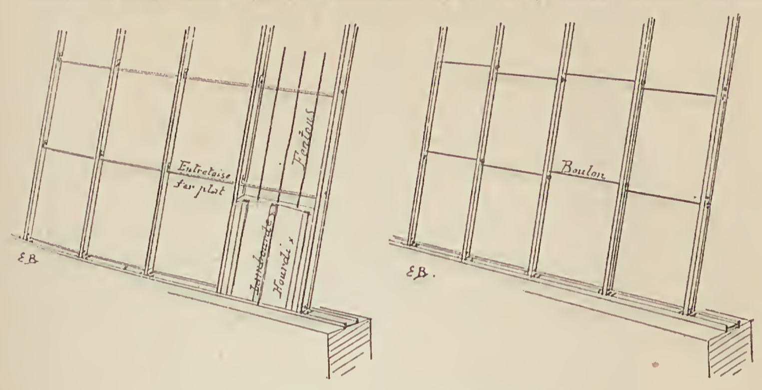


Fig. 1028, 1029. — Chevrons de bris.

notre coupe, fait monter le mur de refend qui soulage le plan-

Fig. 1030. — Grand comble brisé.

cher et porte le faîtage au moyen de points d'appui en fer

placé au-dessus du solivage. Le faux comble est terminé par des arbaltériers en fer I de 0m,120 à 0m,140 espacés comme les chevrons de bris et entretoisés de même ; toutes les parties entre fers I sont hourdées en plâtras et plâtre.

Le comble mixte est bien plus économique, l'ossature solide seule est en métal et tout le chevronnage est en bois

On fait parfois dans les maisons bordant les voies très larges des combles à deux étages, et, pour ne rien perdre de la place disponible dans le rayon réglementaire on donne à ces combles la forme circulaire comme le montre notre exemple (fig. 1030).

Les assemblages de ces combles ne donnent pas lieu à des combinaisons particulières, ce sont toujours des assemblages à équerres et boulons.

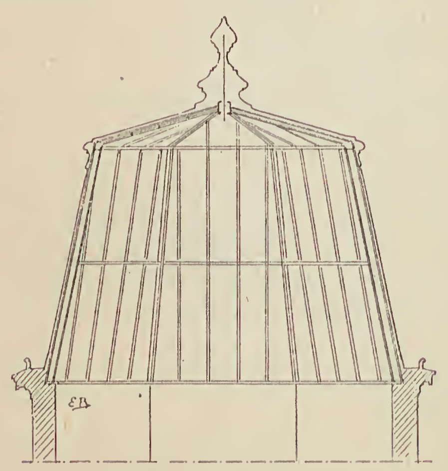


Fig. 1031. — Comble pyramidal.

Combles pyramidaux. — Ces combles surmontent des édifices dont le plan est celui d'un polygone régulier. Ils sont composés de versants de forme triangulaire ou trapézoïde, en nombre égal à celui des côtés de l'édifice. La charpente est composée d'arêtiers, de pannes et de chevrons; au sommet, tous les arêtiers se réunissent sur un poinçon et le tout est serré par un cercle (fig. 1031).

Combles courbes sur plans polygonaux ou circulaires. — Que les plans soient circulaires ou à pans, la forme et la construction des fermes est la même; seules les pannes sont droites ou courbes, suivant que c'est de l'un ou de l'autre cas qu'on s'occupe.

Généralement on écarte la forme en plein cintre peu favorable à l'écoulement de l'eau au sommet, et qui, en perspective, est lourde et écrasée. On lui préfère la forme en ogive obtenue avec deux centres (fig. 1032).

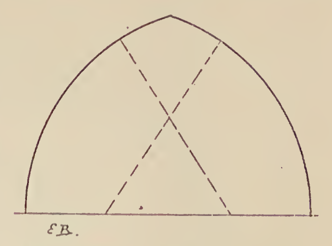


Fig. 1032. — Comble courbe.

On construit parfois ces combles en coupoles avec des fermes courbes sous-bandées par des contre-fiches perpendiculaires à la tangente comme dans l'exemple que nous donnons (fig. 1033, 1034, 1035). On peut très bien n'avoir pas recours à tout ce système de tendeur, toutes les fermes étant rendues solidaires par les pannes, ne pourraient fléchir dans le sens extérieur ou le sens

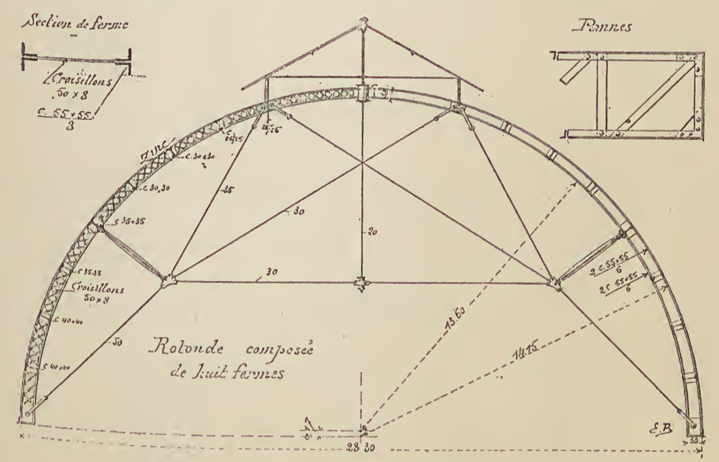


Fig. 1033, 1034, 1035. — Comble circulaire.

intérieur sans opérer sur les pannes une traction ou une compression suivant que la déformation de la ferme serait dirigée dans un sens ou dans l'autre. On peut donc considérer les pannes comme une série de couronnes ou cercles rigides mariant toutes les fermes entre elles et les plaçant au point de vue des efforts, presque dans les conditions de poteaux verticaux soumis seulement à des efforts de compression.

Fermes décoratives. — Dans les charpentes non apparentes, on n'a à se préoccuper que de la solidité et des conditions à remplir. Il n'en est plus ainsi lorsque la charpente doit

faire plafond apparent ou être simplement vitrée pour couverture de grandes salles, de magasins, de cours d'hôtels, etc. ; on ne peut alors se contenter des formes froides et industrielles des fers laminés, il faut arriver à décorer ces musculatures nerveuses, les rendre agréables à la vue et les mettre en harmonie avec les parties architecturales qu'elles sont destinées à compléter.

Les seules ressources (abstractions faites des appliques diverses), qu'a le constructeur pour décorer les constructions métalliques sont : 1° la fonte, que sa propriété d'être moulée per-



Fig. 1036. — Ferme en tôle et fer forgé.

met d'employer comme sculptures, rosaces, etc. ; 2° la tôle découpée, qui, par les alternances de pleins et de vides, par les rinceaux détachés, permet d'alléger les masses et d'ajourer les âmes des poutres sur la ligne neutre ; 3° les fers à moulures laminés ; 4° le fer forgé, qui forme des rinceaux d'équerrage, des consoles, etc.

Nous procéderons comme précédemment par des exemples d'application (fig. 1036). Pour combles de petites portées, jusqu'à 8 mètres environ entre points d'appui, on peut construire des combles décoratifs très légers, formés d'arbalétriers soutenus par un arc ; les triangles mixtilignes sont remplis de rinceaux en fer forgé étudiés pour concourir à la rigidité.

La forme ogivale se prête bien à la décoration ; son aspect élancé est très élégant, et le caractère de légèreté du fer est encore accentué. Dans l'exemple que nous donnons (fig. 1037), les fermes, espacées de 2 en 2 mètres, sont formées de deux fers à T réunis par des goussets en tôle ; elles sont réunies entre elles par des pannes également à jour, très légères et posées en saillie à l'intérieur de l'arc. Les fermes reposent sur un large chéneau en tôle garni de moulures et porté sur des consoles en fonte jouant le rôle de corbeaux.

Voici une application de la tôle découpée. Ces petites fermes en plein-cintre peuvent être très solides ; on comprend que les

points faibles sont aux endroits où l'arc est presque tangent aux arbalétriers, on peut augmenter la section en épaisseur



Fig. 1037. — Ferme avec remplissage en fer forgé.

(fig. 1038), et au besoin en hauteur en faisant saillie en dehors. Le découpage de ces fermes se fait ordinairement à la scie, mais

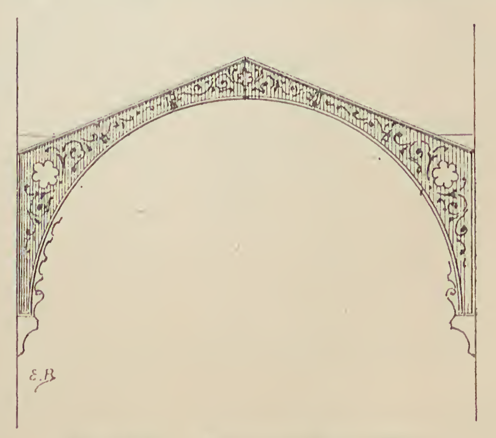


Fig. 1038. — Ferme en tôle ajourée.

nous pensons qu'on peut le faire également au poinçon d'assez petit diamètre pour qu'on puisse négliger les petites aspérités que laisse ce genre de découpage (fig. 1039). La tôle, par le haut, se trouve moisée entre deux cornières qui servent en

même temps pour le vitrage ou pour une couverture quelconque. A la partie inférieure on borde la tôle sur chaque face avec un demi-rond ou un fer mouluré (fig. 1040).

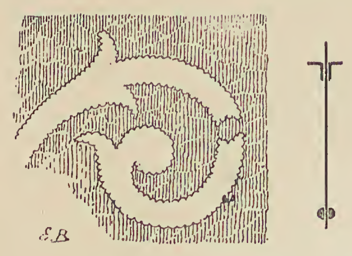


Fig. 1039. Poinçonnage. Fig. 1040. Section.

La figure 1041 représente un comble plus important et aussi d'un aspect très léger ; il nous fournit l'occasion de parler d'un artifice dont se servent parfois les constructeurs pour donner à des constructions solides un air d'élégance et de hardiesse Cet artifice consiste à éviter les parties lourdes en les dissimulant complètement ou en partie ; ainsi, dans un comble, placer les pannes et fermes en dehors, c'est évidemment alléger l'aspect de l'intérieur.

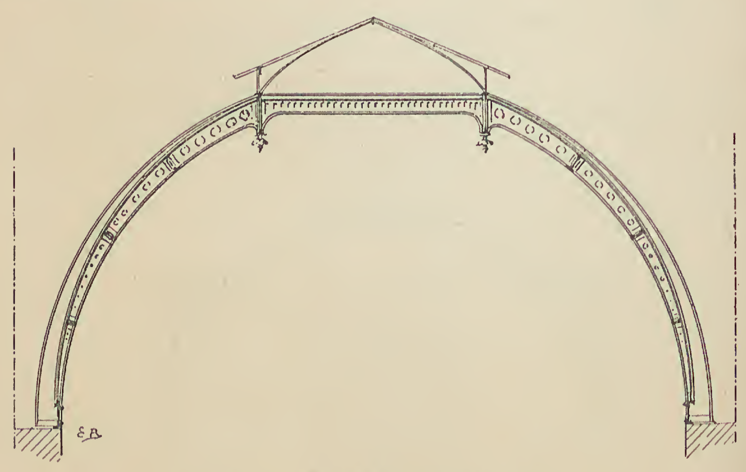


Fig. 1041. — Ferme d'apparence légère.

Dans notre exemple nous avons pris un moyen terme, nous nous sommes servis de deux centres différents de manière à couper la ferme diagonalement, si nous pouvons employer cette expression dans le cas d'une courbe, et la ferme, qui commence à rien au pied, arrive au sommet avec toute sa hauteur. L'inverse donnera un deuxième parti : on commencera au pied avec la ferme en toute largeur pour arriver au faîtage avec une

très faible section apparente. On peut encore, troisième solution, dissimuler complètement la ferme en la rejetant complètement à l'extérieur.

L'emploi de la tôle découpée dans la décoration des charpentes offre au constructeur de très grandes ressources. En

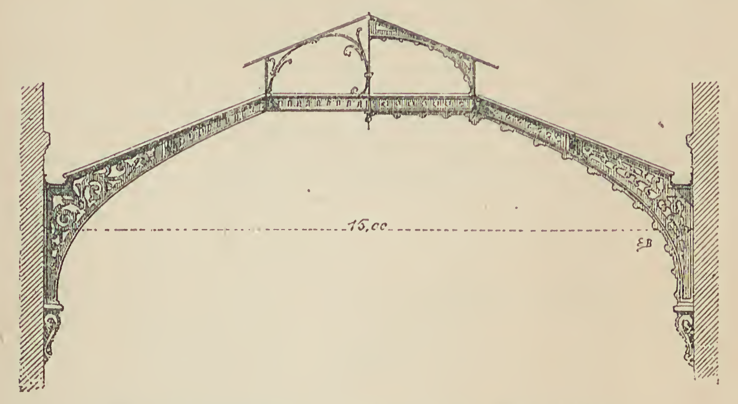


Fig. 1042. — Ferme poussant sur les points d'appui.

voici encore un exemple (fig. 1042) dont la ferme découpée et ajourée affecte la forme polygonale et convient surtout entre deux bâtiments résistants.

La partie horizontale est droite, ajourée et habillée de cornières ; les fermes en forme de grandes consoles découpées à jour sont également armées de cornières ; la retombée de ferme se fait sur consoles en fonte scellées dans le mur.



Fig. 1043. — Panne ajourée.

Les pannes (fig. 1043), également en tôle ajourée, sont composées de la même façon.

Cette construction, qui conviendrait admirablement à un comble carré, peut aussi être utilisée dans un rectangle, avec des croupes aux extrémités.

Celle que nous donnons a une longueur de 25 mètres, soit cinq travées de 3 mètres et les deux croupes de chacune 5 mètres = 25 mètres. La construction est la suivante : un chéneau en fer composé de tôles de 0m,400 × 0m,005 pour le fond, et de 0m,200 × 0m,004 pour les côtés, avec habillage en cornières $\frac{35 \times 35}{5}$ et moulures en fer. Les fermes sont en tôle de 0m,006

d'épaisseur armées en haut de cornières $\frac{50 \times 50}{6}$, qu'on laisse passer en scellement par-dessus le chéneau, de manière à ne pas pousser sur la paroi verticale de celui-ci. La partie inférieure de la ferme est armée de deux cornières de même force et on décore le plat intérieur par un profil assez saillant qui calfeutre le joint des deux cornières et de l'âme, et donne une forme moins sèche. Les pannes sont en tôle de $0^{m},0025$ d'épaisseur armée de cornières $\frac{30 \times 30}{4}$; le même mode de décoration découpée s'applique aux pannes.

Dans la construction décorative des fermes et pannes, les

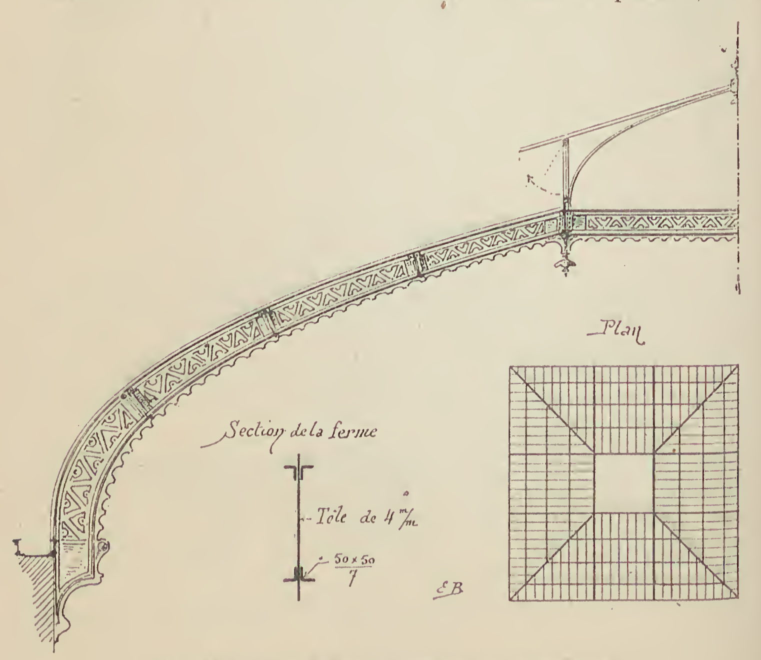


Fig. 1044. 1045, 1046. — Comble sur plan carré.

moulures, demi-ronds, plats chanfreinés, s'emploient aussi pour l'habillage inférieur, surtout quand on laisse la tôle faire saillie à l'intérieur, comme le montre notre variante, côté droit du dessin.

D'une manière générale, la méthode la meilleure pour obtenir un bon découpage, nous entendons par là un découpage travaillant, consiste à tracer la ferme, la panne ou la poutrelle, en indiquer le croisillonnement comme si elle devait être à croi-

sillons et chercher le dessin en respectant le plus possible le principe de construction, c'est-à-dire faire en sorte que sur une section quelconque on trouve toujours l'équivalent des barres d'un treillis.

Nous terminons notre rapide aperçu de fermes décoratives par les figures 1044, 1045, 1046 et nous ferons seulement remarquer le découpage en V, qui est l'application de la méthode de découpage que nous venons d'indiquer.

Combles montants, roulants et tournants. — La toiture mobile dans le sens vertical se fait rarement, cependant nous pouvons citer l'application qui en a été faite aux arènes de la rue Pergolèse à Paris, actuellement démolies. D'une manière générale, c'est une question d'équilibrage au moyen de contrepoids ; au point de vue de l'aspect, on reproche généralement à ce genre de comble mobile de ressembler trop à un gazomètre.

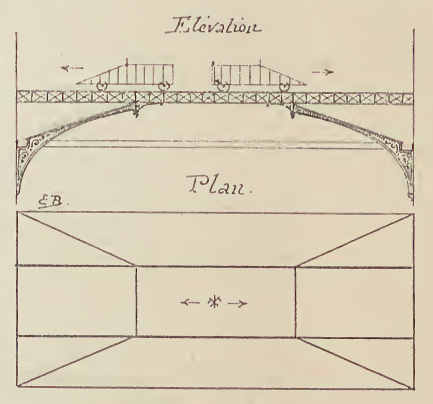


Fig. 1047, 1048. — Comble roulant.

Les combles roulants présentent cet avantage de laisser, en cas de beau temps, un certain espace entièrement découvert ; par contre, ils nécessitent toujours un espace considérable de terrain pour permettre le déplacement de la partie de toiture mobile.

L'application de ce système a été faite à l'ancien Hippodrome de Paris, et voici brièvement, d'après M. G. Oslet, quelques détails.

L'ensemble du bâtiment, tout en fer, était couronné par deux fortes poutres à croisillons, de 2 mètres de haut, prolongées en dehors du bâtiment, de chaque côté, sur une longueur égale au demi-lanterneau mobile. C'était sur ces poutres que les deux demi-lanterneaux reposaient en quelque position qu'ils soient amenés.

Le lanterneau se composait de plusieurs fermes sans *résultante latérale* (en théorie du moins), et qui, en pratique, n'exerçaient qu'une poussée insignifiante sur les galets de roulement qui supportaient l'ensemble de la partie mobile.

Les planchers de roulement, qui servaient de supports aux

deux demi-lanterneaux ouverts, étaient un exemple intéressant d'entretoisement horizontal. Ils se composaient de poutres et de poutrelles en croisillons de fer, entretoisées par quelques fers en U et quelques tiges formant tirants ; — le tout présentant une certaine légèreté relativement à sa grande surface horizontale ($22^{m},50 \times 17$ mètres).

Le poids supporté par chacun de ces chemins de roulement était celui d'un demi-lanterneau, soit 15 000 kilogrammes à 22 mètres du sol.

Il nous reste à toucher deux mots des combles tournants. Lorsque, en 1887, nous avons émis dans notre *Traité pratique de serrurerie* l'idée d'appliquer le principe du papillon aux combles mobiles, nous n'en connaissons aucun exemple exécuté ; il en est encore de même aujourd'hui et nous ignorons si une application a été faite.

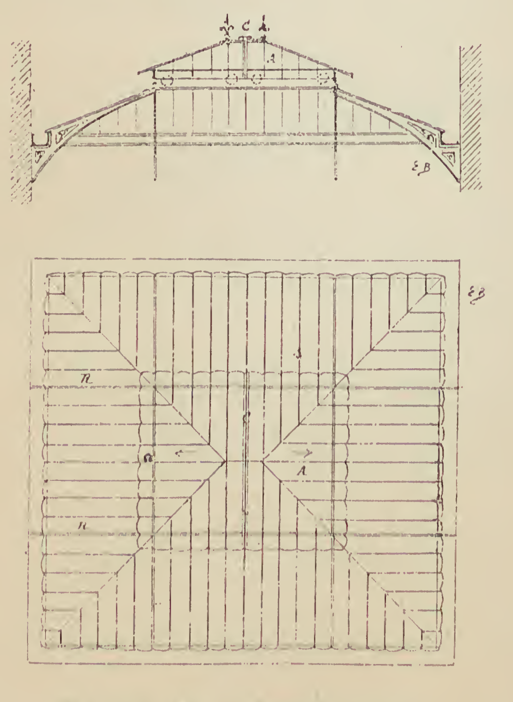


Fig. 1049, 1050. — Comble roulant.

Nous reproduisons à nouveau nos dessins (fig. 1049, 1050. 1051, 1052), parce que cette idée nous semble pratique. Le

comble à déplacement vertical ressemble à un gazomètre et nécessite tout un système d'équilibrage ; le comble roulant exige une grande place dont on ne peut pas toujours disposer. Avec notre comble pivotant, on n'obtiendrait, il est

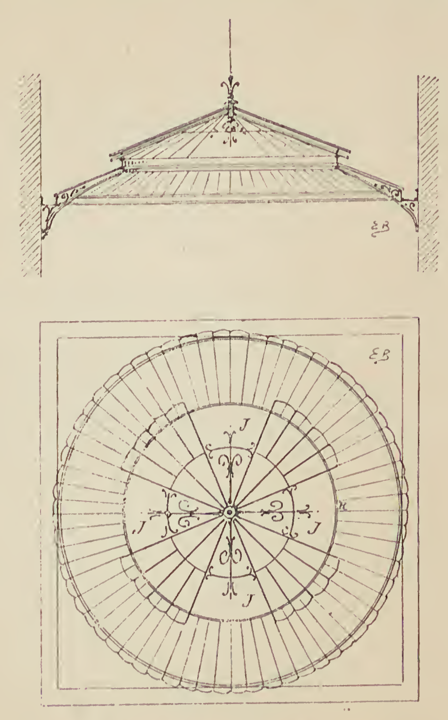


Fig. 1051, 1052. — Comble tournant.

vrai, qu'une ouverture égale à la moitié de la surface, mais le fonctionnement en est extrêmement simple, ce comble ne pousse pas, il s'équilibre de lui-même et peut être mis en mouvement avec la plus grande facilité. Le comble proprement dit s'appuie sur la couronne ; la partie fixe du lanterneau repose sur cette couronne, et un cercle en fer plat ou en fer T formant rail passe sur les vides et les pleins ; c'est sur lui que se fait le glissement ou le roulement de la partie mobile du lanterneau, qui est entretoisé par des ornements en fer forgé, comme on le voit au plan figure 1052.

Du contreventement. — Il est très important d'étudier de très près le contreventement dans les charpentes ; c'est une

partie essentielle qui, si on la néglige, peut donner lieu à de graves accidents. Du reste, nous allons rapidement en faire ressortir la nécessité. Que fait-on pour la ferme ? On la construit au moyen d'une triangulation qui la rend indéformable et, de plus, on consolide les retombés au moyen de jambes de force ou de consoles (fig. 1053), sans quoi rien n'empêcherait la ferme

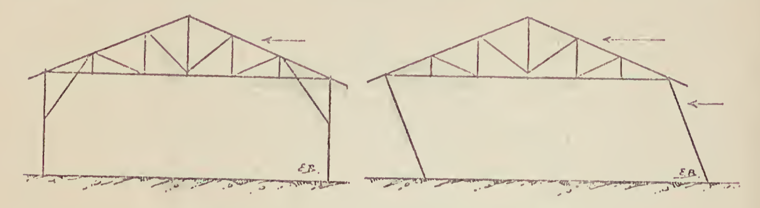


Fig. 1053, 1054. — Fermes stable et instable.

sous l'action d'une force horizontale, le vent par exemple, de se coucher sans se déformer comme nous le montrons figure 1054, accident beaucoup plus fréquent qu'on ne croit. Or donc, si on prend avec raison tant de précautions pour assurer la solidité dans un sens, ne comprend-on pas qu'il est indispensable d'en faire autant dans l'autre ? Une ferme, en effet, une fois levée, ne peut se tenir en équilibre et résister à un effort, au vent, que si elle est appuyée par les pannes à une construction stable, ou bien si elle est reliée aux autres fermes au moyen de figures triangulaires indéformables travaillant à la traction ou à la compression, suivant le mode de construction choisi.

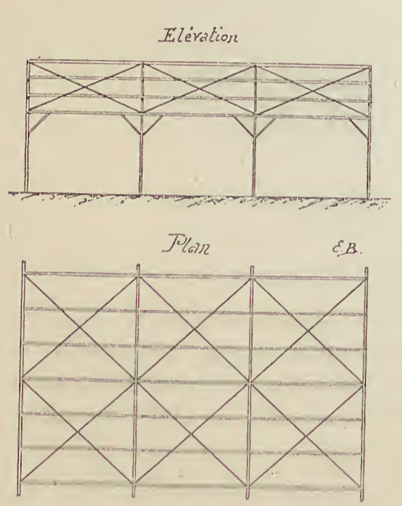


Fig. 1055, 1056. — Contreventement.

Dans la charpente mixte que nous avons donnée figure 962, nous ferons remarquer que le contreventement est obtenu : 1° par des liens qui relient le faîtage au poinçon ; 2° par des liens reliant les pannes avec les contrefiches (voir aussi fig. 673 et 678).

En fer, le contreventement peut être fait suivant la pente du

toit en fers plats rivés ou en fers ronds avec écrous de tension (fig. 1055 et 1056). On peut encore le faire vertical en croisillonnant dans la hauteur du poinçon (voir fig. 1012). Quand les fermes sont hautes, le contreventement est possible en donnant aux pannes au départ la même hauteur que la poutre. Cela forme un équerrage qui empêche les déformations.

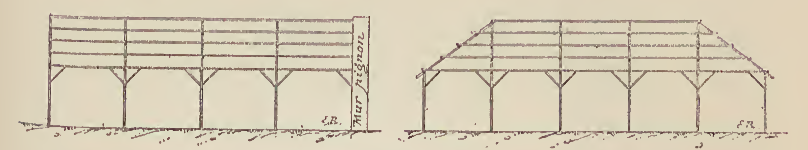


Fig. 1057, 1058. — Charpentes ne nécessitant pas de contreventement.

Les cas dans lesquels le contreventement n'est pas indispensable sont : 1° quand un comble à deux égouts est terminé aux deux extrémités par des pignons solides, ou même un seul pignon. Alors les pannes de la première travée tiennent la première ferme et par conséquent tout le reste du système (fig. 1057) ; 2° quand le comble se termine par deux croupes (fig. 1058).

CHAPITRE IX

COUVERTURE

Chaume. — Description. — Inclinaison convenable. — Poids. — Façon.
Paillasson, roseaux. — Description.
Bardeaux. — Description. — Dimensions. — Inclinaison. — Façon.
En bois. — Diverses couvertures en bois.
Carton bitumé. — Description. — Dimensions. — Pose. — Poids. — Diverses applications. — Revêtements. — Quantité de chacune des matières pour un mètre de toiture.
Tuile. — Historique. — Tuiles flamandes. — Tuiles plates. — Tuiles à emboîtement. — Dimensions, poids et inclinaisons des tuiles. — Tuiles métalliques.
Ardoise. — Historique. — Emploi. — Modèles anglais. — Dimensions. — Ardoises des Ardennes. — Expériences qualitatives. — Ardoises clouées. — Ardoises accrochées. — Arêtiers. — Crochets.
Zinc. — Fabrication. — Poids des feuilles. — Pose à dilatation libre. — Détails. — Ardoises de zinc. — Écailles de zinc.
Plomb. — Avantages. — Précautions à prendre. — Mise en œuvre.
Fer-blanc. — Emploi. — Dimensions des feuilles. — Poids.
Cuivre. — Avantages. — Emploi.
Tôle ondulée. — Description. — Galvanisation. — Peinture. — Dimensions des feuilles. — Poids.
Verre. — Application à la couverture.
Toitures en ciment volcanique.
Poids et inclinaisons. — Diverses couvertures.
Détails de couverture. — Gouttières. — Chéneaux à l'anglaise. — Chéneaux encaissés. — Chéneaux en fonte. — Chéneaux en tôle galvanisée. — Chéneaux en fer. — Descentes. — Accès. — Solins en plâtre. — Solins en zinc. — Bande de filet. — Arêtier. — Noue.

CHAUME

C'est la vieille et pittoresque couverture de nos habitations de paysans ; c'est du chaume que leurs maisons ont reçu le nom de chaumière que les poètes se plaisent à chanter.

La paille de blé et la paille de seigle s'emploient pour faire les

couvertures en chaume, mais la première est la meilleure, elle est plus rigide, moins cassante, et surtout plus longue, elle facilite mieux l'écoulement de la pluie une bonne couverture devant se composer de fétus d'environ $1^m,20$ de longueur (fig. 1059).

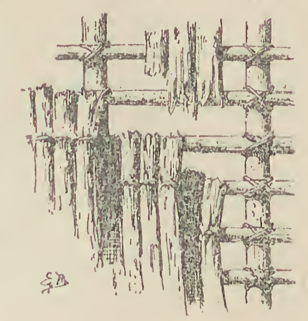


Fig. 1059. — Attache des fétus.

Le chaume tend de plus en plus à disparaître en raison des dangers d'incendie qu'il présente, et il n'est plus guère employé que dans les constructions secondaires de parcs et grandes propriétés, pour abris, tonnelles, kiosques, etc.

Le chaume réclame une inclinaison assez considérable, environ 45°, c'est-à-dire 1 mètre pour 1 mètre ; la charpente est brute, les bois, employés même en grume, sont simplement chevillés. Le clayonnage est fait de perchettes attachées sur les chevrons par une ligature d'osier, ou bien de lattes fixées par des clous ; l'espacement de ces lattes varie de $0^m,16$ à $0^m,20$. Les fétus sont réunis en bottes de $0^m,25$ de diamètre ; ces bottes sont égalisées de chaque bout et reliées deux à deux par une ligature

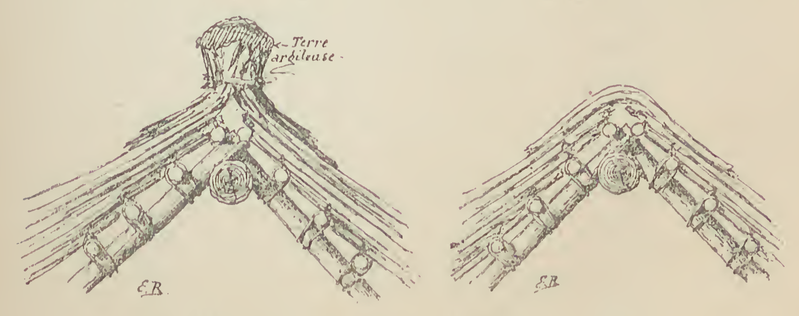


Fig. 1060, 1061. — Sommet de couverture en chaume.

en osier ; une deuxième attache de même nature les fixe sur la la latte ou la perchette.

Les bottes se posent en commençant à la partie inférieure où des javelles de moindre longueur forment la superposition qu'on aura plus haut, quelquefois aussi on pose les grandes bottes ou javelles et on rogne ensuite.

La couverture composée de bottes de $1^m,20$ de longueur donne cinq ou six bottes superposées qui, tassées, forment une épaisseur d'environ $0^m,30$, pesant environ 20 à 22 kilogrammes le

mètre carré, poids qui augmente considérablement par la suite grâce à la poussière, qui, fixée par les pluies, forme calfeutrement entre les fétus et se couvre bientôt de mousse.

Le faîtage se fait de deux manières : on peut d'abord redresser les unes contre les autres, les plus hautes javelles des deux versants sous lesquelles d'autres sont placées à cheval sur le faîtage, puis on les relie de manière à former une crête qu'on protège ensuite en garnissant la partie supérieure avec une terre argileuse quelconque. Dans l'autre cas, le faîtage est simplement fait par les bottes placées à cheval (fig. 1060, 1061). On met la dernière main à cette couverture, en la polissant avec un râteau de bois appelé *peigne* et dont les dents sont très serrées.

PAILLASSON

La couverture en paillasson, beaucoup moins coûteuse que le chaume, est plus fréquemment employée dans les petites constructions de jardins et de parcs. C'est en somme une imitation du chaume dont elle ne diffère que par les modes de fabrication et de pose et aussi par une différence considérable d'épaisseur.

Le paillasson est fabriqué en rouleau et se pose sur les lattes au moyen de clous. Souvent aussi, il est posé sur un voligeage fait de planches à recouvrement (voir fig. 1063).

ROSEAUX

Ces couvertures, dit Rondelet, se font avec les roseaux qui croissent dans les marais ; elles s'exécutent, à peu de chose près, comme celles en chaume ; il faut cependant que les perchettes qui tiennent lieu de lattes soient moins éloignées les unes des autres, c'est-à-dire d'environ 3 pouces ($0^m,081$) ; et comme les roseaux sont sujets à couler, on les lie en plusieurs endroits. Cette espèce de couverture exige plus d'adresse que celle du chaume, et coûte davantage ; mais lorsqu'elle est bien faite, elle peut durer au moins quarante ans, sans qu'on soit forcé d'y faire aucune réparation.

BARDEAUX

La couverture en bardeaux est souvent faite sur voligeage non jointif, c'est-à-dire chaque volige étant séparée de la suivante par un vide variant de $0^m,01$ à $0^m,015$; mais on peut aussi

clouer des bardeaux sur des lattes espacées à la demande pour obtenir le pureau voulu.

Ces petites tuiles de bois, qui ont reçu le nom de bardeaux, se font en chêne, en châtaignier ou même en sapin. Jadis le bardeau était toujours refendu, on choisissait de préférence les bois de fil sans nœuds, il était posé dans sa forme naturelle et formait une couverture simple, légère et solide. Depuis, avec les progrès de l'industrie, on a employé le bois de sciage, la planche, qui évite le choix, mais qui donne une couverture bien inférieure.

Le bardeau est toujours plus long que large et son extrémité apparente affecte des formes diverses (fig. 1062), elle est coupée carrément, en dent de scie, à pans, en arrondis ou toute autre forme dessinée. Le bardeau est fixé sur la volige ou sur la latte par un seul clou et posé jointif; le pureau, ou partie apparente, peut varier, mais ordinairement le bardeau ayant environ 0m,22

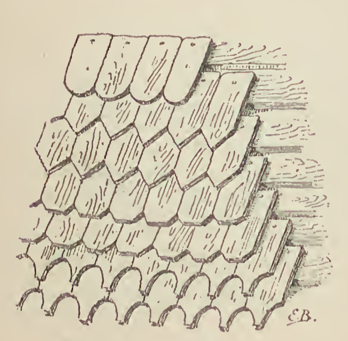



Fig. 1062. — Bardeaux.

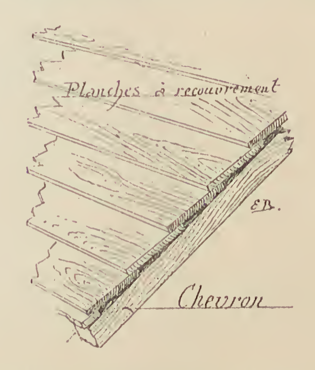


Fig. 1063. — Planches à recouvrement.

recouvre de moitié le bardeau précédent et donne un pureau de 0m,11. Cependant, on peut donner au bardeau de 0m,20 à 0m,30 de longueur, plus même si l'on veut, et une largeur variant de 0m,07 à 0m,15; l'épaisseur varie entre 0m,006 et 0m,02.

Une bonne couverture de ce genre doit être très inclinée, 45° environ, et être faite de bardeaux très étroits, ce qui permet au bois de moins se gauchir et d'être moins amené à se fendre.

Le bardeau est aussi employé comme revêtement des parties verticales de faible épaisseur tels que les pans de bois, et aussi sur les murs exposés aux vents d'ouest et aux pluies.

EN BOIS

Un autre genre de couverture en bois employé dans des abris provisoires, consiste en simples planches posées horizontalement avec recouvrement d'environ $0^m,03$ et clouées sur les chevrons (fig. 1063). Ces planches sont pour ainsi dire de longues tuiles de bois qui forment égout les unes sur les autres ; on arrive à leur assurer une certaine durée en les goudronnant.

Le même mode s'emploie pour clore les parties verticales.

Ce genre de voligeage est aussi très propice si l'on veut couvrir en bardeaux épais, c'est-à-dire de même épaisseur que les voliges. Les abouts des bardeaux viennent buter contre la planche faisant recouvrement et on a ainsi partout trois épaisseurs de bois superposées.

CARTON BITUMÉ

Ce genre de couverture est absolument moderne et son emploi ne remonte pas à plus de quarante-cinq ans.

C'est, se plaît-on à dire, « la plus coûteuse des couvertures malgré la modicité de son prix », en faisant allusion à sa durée et aux réparations qu'elle nécessite.

Sans vouloir prendre ici la défense du carton bitumé, nous devons dire que cette mauvaise réputation faite à ce genre de couverture vient de ce qu'on ne tient pas suffisamment compte qu'elle ne doit être considérée que comme provisoire et ne peut présenter les qualités de solidité que présentent les autres couvertures.

On veut employer le carton bitumé, le chanvre bitumé, le carton cuir et autres variétés, dans des conditions désavantageuses, leur demander un travail excessif et marcher dessus comme sur une couverture plus robuste. Il arrive bientôt que ces matières, tour à tour exposées au soleil et à la pluie, non entretenues, deviennent cassantes et que le talon, ou les clous des chaussures, trouent le carton, que des fuites se produisent et qu'il faut réparer et même refaire entièrement le travail.

Alors certainement si l'on renouvelle souvent la couverture, elle est la plus chère de toutes ; mais si on emploie le carton bitumé dans de bonnes conditions de pose, d'entretien et de précautions, on obtient une économie considérable, une couverture très étanche et présentant des garanties de durée suf-

lisantes. La pente ordinaire est de 18 à 21 degrés, suivant le recouvrement.

Le carton bitumé est fabriqué en $0^m,70$, $0^m,80$ et 1 mètre de largeur par rouleaux de 12 à 32 mètres de longueur. Il se fait avec ou sans sable et son prix varie de $0^{fr},45$ à $1^{fr},25$ suivant largeur et qualité, il pèse environ 3 kilogrammes le mètre carré, soit à peu près 6 kilogrammes, voligeage compris.

La pose se fait en déroulant parallèlement au faîtage, en commençant par le bas et en faisant recouvrement de $0^m,10$ au moins. Ensuite, sur chaque chevron, on cloue une latte perpendiculairement au faîtage, puis on goudronne. Dans ce cas, le carton bitumé est toujours posé sur le voligeage (fig. 1064).

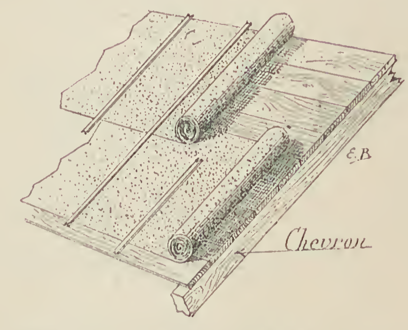


Fig. 1064. — Pose parallèle au faitage.

Employé d'une manière absolument provisoire, on peut supprimer le voligeage. Alors, on déroule le carton perpendiculairement au faîtage ; on a eu soin de disposer les chevrons à la demande de la largeur du carton, puis on cloue des lattes sur joints et au droit des chevrons (fig. 1065).

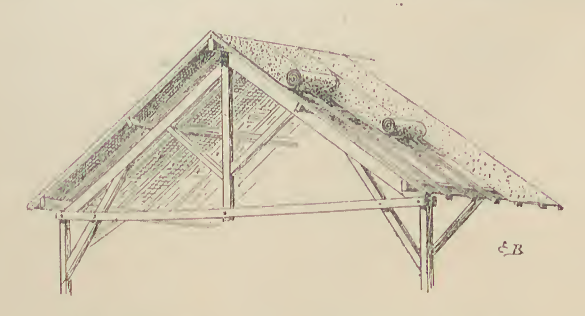


Fig. 1065. — Pose perpendiculaire au faitage.

Dans les deux cas qui précèdent on doit goudronner en plein et renouveler ce goudronnage chaque année.

On fait encore diverses applications du carton bitumé que nous examinerons brièvement :

1° Sous la tuile. La tuile, excellente couverture en surface unie et plane, laisse, surtout quand on a affaire à une surface courbe ou gauche, un passage aux pluies fines et à la neige. On emploie alors avantageusement le carton bitumé posé comme il est indiqué figure 1066 ; par-dessus on cloue les lattes et on pose la tuile comme à l'ordinaire.

2° Sous parquet. On cloue le carton bitumé sur les lambourdes, puis le parquet comme d'ordinaire (fig. 1067).

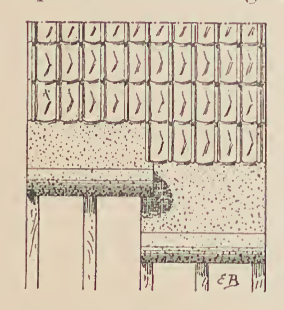


Fig. 1066.
Carton bitumé sous la tuile.

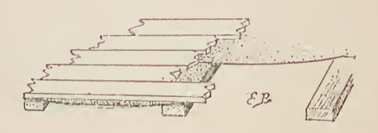


Fig. 1067.
Carton bitumé sous parquet.

3° Employé en revêtement sur les surfaces exposées à la pluie, il protège les murs ou les cloisons légères contre l'humidité ;

4° Sur les murs humides on obtient un résultat satisfaisant en intercalant un carton bitumé cloué jointif, entre le mur et le papier de tenture.

Un mètre carré de toiture en carton exige :

CARTON	BAGUETTE	GOUDRON
1m,05² pesant 3k,000	3m,15	0lit,6

TUILE

Nous ne possédons aucune donnée précise sur l'origine de la tuile. Aussi loin qu'on peut remonter dans l'antiquité on trouve la tuile en usage, et bien avant la civilisation grecque, les Asiatiques l'employaient pour couvrir leurs demeures et leurs édifices.

L'emploi de la tuile a dû suivre de très près la découverte de la terre cuite.

Chez les Grecs et chez les Romains les tuiles étaient de deux sortes : les unes plates et à rebords formant les rigoles ; les autres courbes faisant couvre-joints (fig. 1068).

En Italie, on emploie encore ce même mode de couverture légèrement modifié. On pose sur les chevrons de grandes briques de 0m,03 d'épaisseur et on garnit les joints en mortier ; sur l'espèce de dallage obtenu on range des tuiles plates dont les bords latéraux sont relevés et dont la forme en plan est un trapèze, en leur faisant faire recouvrement les unes sur les autres d'environ 0m,08. Ces tuiles destinées à former les rigoles d'écoulement sont nommées *tégole*. Puis les espaces entre chaque rangée sont recouverts de tuiles creuses en demi-cônes

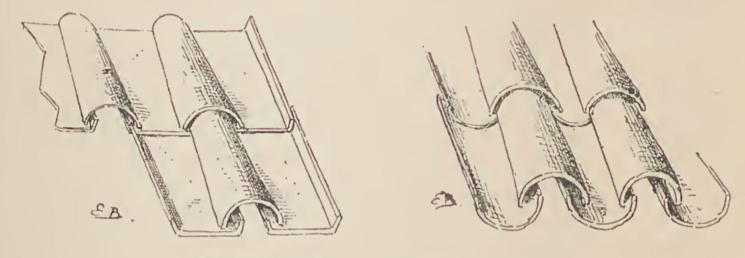


Fig. 1068, 1069. — Tuiles romaines.

tronqués appelées *canali*. Ces tuiles creuses forment couvre-joints et rejettent les eaux à droite et à gauche dans les *tégole* qui les conduisent jusqu'au dehors de la couverture. La longueur des *tégole* et des *canali* est de 0m,41 ; la largeur des *tégole* est de 0m,33 au sommet et de 0m,25 à la partie inférieure ; les *canali* ont 0m,175 de diamètre au sommet et 0m,24 à la base.

Les traditions romaines sont vivaces partout, mais c'est surtout dans les choses de la construction que nous sommes encore tributaires de ces grands constructeurs. Ainsi, sur tout le littoral méditerranéen, en Italie, en Espagne et dans le midi de la France on emploie encore des formes de tuiles empruntées à la période romaine.

Entre autres exemples, on trouve des couvertures faites entièrement de tuiles creuses, les unes placées de manière à présenter le côté concave et les autres présentant le côté convexe font recouvrement des joints. Très pittoresque cette couverture, on lui reproche seulement le peu d'inclinaison qu'elle nécessite (15 à 27°), se trouvant simplement posée sur un voligeage et par cela même sujette au glissement. Mais ceci n'est

pas un grave inconvénient, rien n'est plus simple que de faire venir un crochet au moulage ; on pourra alors poser la tuile accrochée sur le lattis et défier tout glissement (fig. 1069).

Tuiles flamandes ou pannes. — On emploie dans le nord de la France une tuile dont la surface est alternativement concave et convexe et qui représente assez bien, étant vue de bout, un S aplati. Cette tuile porte par le haut un fort talon qui permet son accrochage sur les lattes et rend possible une forte inclinaison de la toiture ; elle affecte en plan la forme d'un parallélogramme. Ce genre de tuile s'emploie avec un recouvrement de 0m,05 environ et les joints doivent être garnis en mortier. Le plus sérieux inconvénient vient de la forme même ; soit à la dessiccation, soit à la cuisson, cette tuile a une tendance à se déformer, à prendre du gauche, ce qui en rend parfois, si le défaut est trop accentué, la pose difficile.

Tuile plate. — Elle est connue sous le nom de tuile de Bourgogne et remonte environ au XIe siècle. Elle convient aux climats du Nord mieux que la tuile romaine. « C'est qu'en effet, dit M. Viollet-le-Duc, ce système ne convient guère aux climats brumeux. Bientôt la poussière arrêtée dans ces canaux, l'humidité aidant, développe des mousses et des végétations qui envahissent les toitures. Par les bourrasques d'hiver, la neige s'introduit sous les couvre-joints et pourrit les charpentes ; son poids augmente beaucoup celui de ces couvertures déjà très lourdes et fatigue les chevronnages. Si la pente est très faible, par les temps de pluie fine chassée par le vent, l'eau s'introduit entre les tuiles, qui se recouvrent seulement d'un tiers. Si la pente est assez prononcée pour assurer l'écoulement des eaux, les tuiles, ébranlées par le vent, glissent les unes sur les autres, et il faut sans cesse les relever. On chercha donc un autre système de couverture de terre cuite, et l'on commença par fabriquer de grandes tuiles plates... »

La tuile se fait ordinairement de forme rectangulaire ; elle est munie en dessous d'un talon ou crochet qui permet de la fixer au lattis. D'autres fois le talon est remplacé par deux trous qui permettent de la clouer sur la latte, ou bien encore de pratiquer une ligature. Dans le cas de clouage on substitue parfois aux lattes un fort voligeage ou parquet, disposition plus dispendieuse mais plus solide. Les tuiles employées dans notre région ont les deux dimensions suivantes : 0m,31 de longueur, 0m,24 de largeur, 0m,016 d'épaisseur, c'est le *grand moule*, le mille pèse 2000 kilogrammes. Les autres, dites *petit moule*,

ont 0m,26 de longueur sur 0m,18 de largeur et 0m,013 d'épaisseur. Le poids du mille est de 1322 kilogrammes.

L'établissement d'une couverture en tuiles plates se fait de la manière suivante : ayant placé une tuile à la partie basse du comble de manière à ce qu'elle rejette ses eaux dehors, dans une gouttière ou dans un chéneau, on fixe la première latte de manière à être en contact avec le crochet ou talon de la tuile, puis, aux deux extrémités du comble à couvrir on trace sur le

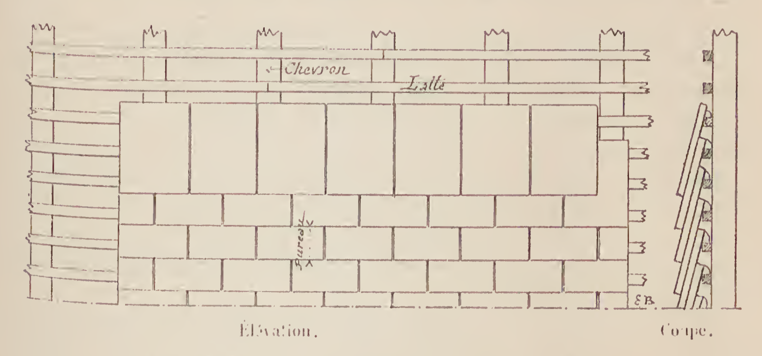


Fig. 1070, 1071. — Couverture en tuiles plates.

chevron des espaces de 0m,08 ou 0m,11, suivant qu'on veut obtenir un pureau de 0m,08 ou de 0m,11, puis on bat les lignes au cordeau qui marquent sur chaque chevron l'emplacement de la latte devant recevoir la tuile (fig. 1070, 1071). La partie apparente d'une tuile est le pureau.

Le lattis s'exécute en lattes de cœur-de chêne, elles sont refendues et ont 5 millimètres au moins d'épaisseur, sur environ 0m,035 à 0m,054 de large, mais aussi simplement en sapin, ce qui est beaucoup moins bon, mais moins cher. Leur grosseur varie de 0m,03 à 0m,04 de côté et leurs joints se font toujours sur l'axe d'un chevron en ayant soin de chevaucher, c'est-à-dire que tous les joints ne se trouvent pas sur le même chevron mais soient le plus disséminés possible.

Une rangée de tuiles est accrochée sur chaque rang de lattes, celles-ci préalablement clouées sur les chevrons à une distance égale à un tiers de la longueur de la tuile, de sorte que chacune d'elles faisant recouvrement, la couverture se compose de trois épaisseurs de tuiles.

Dans le sens longitudinal de la couverture, les tuiles se placent juxtaposées les unes contre les autres sans recouvrement. Le rang suivant est posé de même, mais en ayant soin

que les joints tombent au milieu des tuiles de la rangée précédente, et ainsi de suite.

La première rangée de tuiles posée à la partie inférieure de la couverture se nomme *égout*.

Il y a l'*égout simple*, l'*égout retroussé* et l'*égout pendant*.

L'*égout simple* ne s'emploie qu'avec un chéneau et la première tuile se pose sur l'arête de la sablière en la dépassant un peu et reposant sur le bord du chéneau.

L'*égout retroussé* comporte l'emploi d'un petit coyau cloué d'un bout sur le chevron et reposant de l'autre sur une double rangée de tuiles scellées sur la corniche. Parfois, le premier rang de ces tuiles scellées est disposé diagonalement, ce qui forme une dentelure à l'extrémité de la couverture.

L'*égout pendant* n'est pratiqué que lorsqu'il n'y a pas de corniche pour soutenir la partie inférieure de la couverture. Alors les chevrons dépassent le parement extérieur du mur, et sur la partie extrême on cloue une planche taillée en couteau, appelée *chanlatte*, et sur laquelle se placent les deux rangs de tuiles formant l'égout.

Une précaution à prendre, dans toutes les toitures faisant saillie sur les murs non munis de corniches, consiste à clouer sous le chevronnage un plafonnement en planches jointives destiné à empêcher le vent de soulever les tuiles de la partie saillante.

La pente convenable pour la tuile plate varie de 40 à 60° ou environ $0^{m},80$ à $1^{m},70$ pour mètre.

On termine les toits à une seule pente, à l'héberge et sur les pignons par des filets en plâtre appelés *ruellées* lorsqu'ils sont isolés, et *solins* lorsqu'ils sont le long des murs.

Les croupes, les pénétrations donnent lieu dans les couvertures à deux angles différents ou plis des surfaces : les *arêtiers* ou angles saillants, et les *noues* ou angles rentrants.

Pour raccorder ces angles, on coupe la tuile à la demande et on fait une crête en plâtre ou bien encore on forme l'arêtier par des tuiles creuses que nous avons vues plus haut et que les Italiens appellent *canali*.

Pour les angles rentrants ou *noues*, on conserve un intervalle entre les tuiles tranchées qui terminent les deux pentes et on pose dessous une rangée ou plutôt une enfilade de tuiles creuses à recouvrement, scellées au mortier et au plâtre ; on fait aussi les noues en zinc plié suivant l'angle.

Les *faîtages* sont le point où deux versants de toiture se rencontrent au sommet. Ils sont faits en tuiles creuses demi-circulaires appelées faîtières. Jadis c'était simplement des

demi-cylindres creux posés à cheval et scellés sur le sommet, juxtaposés et le joint faite en plâtre et saillant. Ces joints saillants se nomment crète. On emploie maintenant de préférence les tuiles creuses ou *faîtières* à *recouvrement* et à emboîtement qui donnent un résultat bien supérieur.

Le poids de la couverture en tuiles plates étant variable suivant le modèle choisi, on trouvera une approximation au tableau qui termine notre aperçu sur les tuiles en général.

Tuiles à emboîtement. — Le plus grave inconvénient de la tuile plate est son poids, qui atteint et dépasse parfois 80 kilogrammes par mètre carré, d'où une nécessité de faire des charpentes très fortes et par suite coûteuses. Ce défaut amena les constructeurs à rechercher une forme qui donne avec une grande légèreté, une étanchéité au moins égale à la tuile plate.

La plus ancienne tuile à emboîtement que nous connaissions est la tuile d'Altkirch de MM. Gilardoni frères, dont le brevet remonte à 1841. Depuis on en a fait d'innombrables modèles parmi lesquels nous examinerons seulement les principaux types.

Pour éviter toute confusion, disons de suite que nous traiterons ensemble les tuiles à emboîtement et les tuiles à recouvrement dont la seule différence réside dans le joint dont nous donnons les différentes sections (fig. 1072, 1073).

Fig. 1072.
Emboîtement.

Fig. 1073.
Recouvrement.

Outre les garanties d'étanchéité, les tuiles à emboîtement et les tuiles à recouvrement, que dans la pratique on désigne volontiers sous le nom de *tuiles mécaniques*, présentent un avantage considérable sous le rapport du poids. En effet, tandis qu'un mètre carré de tuiles plates pèse de 85 à 90 kilogrammes, un mètre carré de tuiles mécaniques pèse seulement de 35 à 45 kilogrammes. C'est donc au moins 50 p. 100 d'économie sur le poids imposé à la charpente.

Mais ce n'est pas encore le seul avantage appréciable, ces couvertures permettent, sans raccords et sans coupe de tuiles, les pénétrations des toitures. Toutes les fabriques, Montchanin, Müller, etc., livrent des tuiles spéciales se raccordant avec les

autres et permettant les demi-tuiles d'extrémité, les jours, les ventilations, fournissent des tuiles à douille pour cheminées,

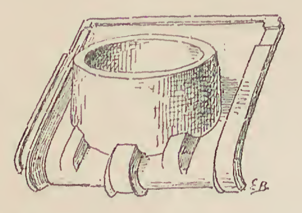


Fig. 1074. — Tuile à douille.

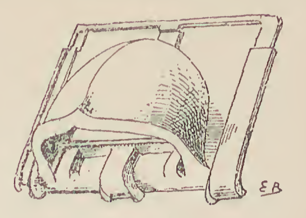


Fig. 1075. — Chatière.

des chatières, des tuiles vitrées (fig. 1074, 1075, 1076), des châssis à tabatières correspondant à un nombre quelconque de tuiles.

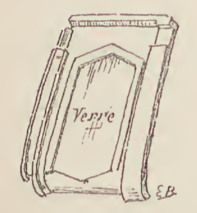


Fig. 1076. — Tuile vitrée.

On trouve, en outre, toutes les parties accessoires : faîtières, membrons, arêtiers, rives, crêtes, poinçons ou épis, frontons ou antéfixes, abouts, etc., etc. (fig. 1077).

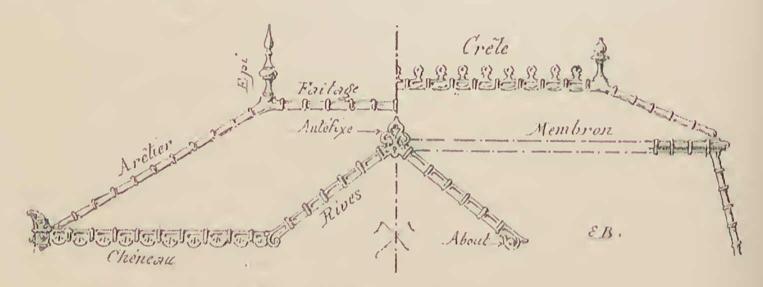


Fig. 1077. — Accessoires en terre cuite.

Pour éclairer certains combles on fait aussi des tuiles en verre coulées dans des moules de forme identique à ceux qui servent pour les différents modèles de tuile.

La pente minimum est de 22° ou 0m,40 par mètre, et peut aller jusqu'à 45° ou 1 mètre pour 1 mètre.

Les lattes employées sont en sapin de 0m,027 à 0m,030 de côté suivant l'écartement des chevrons. A l'exposition de 1878 nous avons employé un lattis d'une portée de 1m,330 pris dans un basting refendu de deux traits, et chaque rectangle obtenu, refendu sur la diagonale (fig. 1078), cette disposition est très favorable à l'accrochage de la tuile.

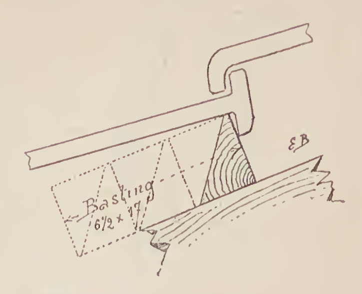


Fig. 1078. — Lattis triangulaire.

Le couvreur expérimenté commence par poser la chanlatte ou latte plus épaisse d'une épaisseur de tuile, puis ayant soin de se poser parfaitement parallèlement il fixe la première latte en ayant soin de calculer sa distance pour que la première tuile, accrochée sur la latte et reposant sur la chanlatte, fasse une saillie suffisante. Puis il trace d'équerre sur les chevrons et parallèlement à la première latte les emplacements que doivent occuper les autres, en ayant soin, tenant compte de la dimension de la tuile employée, de faire sa division de manière à arriver à environ 0,09 du faîtage, ce qui est possible si on a affaire à une couverture d'une certaine importance donnant par versant une trentaine de pureaux, de manière que la faîtière demi-ronde placée à cheval sur le faîtage recouvre en même temps les tuiles au sommet de chaque versant.

Dans les contrées où les vents sont violents, au bord de la mer par exemple, chacune des tuiles est attachée sur le lattis au moyen d'une ligature en fil de fer. Pour cela les tuiles portent à leur partie inférieure un petit renflement percé d'un trou; parfois encore ce sont les crochets eux-mêmes qui sont perforés.

Voici quelques exemples de tuiles (fig. 1079, 1080, 1081, 1082, 1083).

L'argile employée pour faire la tuile est mélangée de sable et de débris de tuiles broyés; l'on réduit le tout en pâte fine et

homogène en ayant soin d'écarter tout élément calcaire[1]. On moule alors, puis on fait sécher, à l'air, au soleil, et on expose à la cuisson.

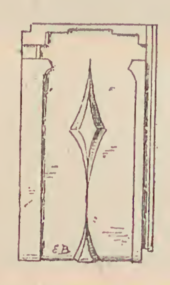


Fig. 1079.
Tuiles Gilardoni.

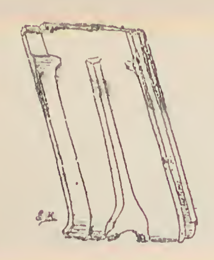


Fig. 1080.
Tuiles Muller.

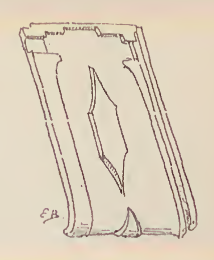


Fig. 1081.
Tuiles Monchanin.

On obtient de fort jolies toitures par l'emploi de tuiles émaillées de différentes couleurs. C'est une réminiscence de la céramique assyrienne dont nous avons eu un fort bel exemple au Champ-de-Mars en 1889.

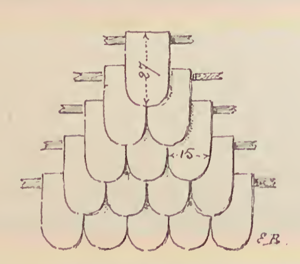


Fig. 1082.
Tuiles en écailles droites.

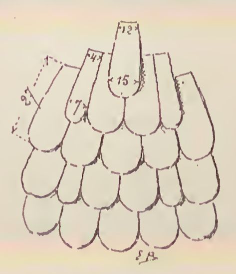


Fig. 1083.
Tuiles en écailles convergentes.

Les tuiles émaillées exigent une forte pente, environ 45° d'inclinaison minimum, l'émail ou vernis commun appliqué à ce genre de produit n'offrant pas une résistance suffisante à la gelée de l'eau qui pénètre par les craquelures, inévitables dans cette fabrication.

[1] Il arrive souvent que des morceaux de calcaire contenus dans la pâte, et cuits avec la tuile, se transforment en chaux et sous l'action de l'eau produisent un foisonnement qui fait éclater la tuile.

DÉSIGNATION DES TUILES	DIMENSIONS — Surface totale — haut.	DIMENSIONS — Surface totale — larg.	DIMENSIONS — Surface apparente — pureau	DIMENSIONS — Surface apparente — larg.	POIDS D'UNE TUILE — sèche	POIDS D'UNE TUILE — mouillée.	NOMBRE PAR MÈTRE — lattes	NOMBRE PAR MÈTRE — tuiles	POIDS par MÈTRE CARRÉ	PENTE PAR MÈTRE — en degrés	PENTE PAR MÈTRE — en mètres	OBSERVATIONS
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	kilogr.				kilogr.			
Bourgogne, grand moule. .	0.30	0,25	0.11	0,25	2,410	La tuile étant mouillée son poids augmente de 1/12 environ.	9,10	36,40	88	37	0,75	Plates.
— petit moule. .	0.24	0,195	0,08	0.24	1,320		12,50	64.10	86	45	1,00	Plates.
— creuse.	0.37	0.19 à 0,20	0,25 à 0,28	0,105	2.660		Volige	34 à 36	90 à 100	27	0,50	Forme romaine.
Flamandes.	0,33	0,22	0.25	0,18	1,530		4,00	22,22	34	37	0.75	En S.
Girard.	0.34	0.26	0,22	0.19	2,260		4,55	23,80	54	37	0,75	
Monchanin losangées. . . .	0.40	0.24	0,35	0.22	3,400		2,85	13,00	43	27	0.50	
— marines.	0,46	0,27	0.40	0.25	5,500		2,50	10,00	55	22	0,40	
— villa	0,28	0,17	0,24	0,15	1,500		4,16	27,00	41	37	0,75	
— pannes-lance. .	0,28	0,20	0.25	0.18	2,000		4,00	20,00	40	37	0,75	
— étrusques. . . .	0,24	0,17	0,185	0,14	1,000		5,94	38,00	42	37	0.75	
— monumentales .	0,75	0,45	0,62	0.40	15,000		5,20	4,00	60	27	0.50	
— romaines. . . .	0.32	0,26	0,26	0,13	3.400 / 2.000		32.00	16.00	86	45	1,00	Plates et creuses.
— écailles.	0.27	0,15	0,11	0,15	1,000		9,00	57,00	60	37	0,75	
— plates carrées. .	0,27	0,15	0,11	0,15	1,200		9,00	57.00	72	37	0,75	
— gironnées. . . .	Pour combles 1/2 sphériques.											
Gilardoni à emboîtement. .	0,42	0,25	0.34	0,205	3,000	La tuile étant mouillée son poids augmente de 1/12 environ	2,94	15.00	45	22	0.40	
— losangées . . .	0,42	0.255	0.36	0.210	3,000		2,77	13.00	39	22	0,40	
Müller à recouvrement. . .	0,40	0.25	0,34	0,205	3,000		2,94	15.00	45	22	0.40	
— à emboîtement. . .	0,40	0,25	0,34	0.205	2,800		2,94	15.00	42	22	0,40	
— petit moule à recouvrement	0,30	0,16	0.26	0,14	1.300		3.84	28.00	36	22	0.48	
Courtois.	0,36	0.36	0.30	0,30	2.250		6,67	18.52	44	37	0.75	
Genelard	0.34	0,24	0.35	0,35	3.060		3,00	13.00	39	22	0.40	

TUILES MÉTALLIQUES

Le poids considérable de la couverture en tuile a amené les constructeurs à faire des tentatives pour arriver à remplacer la terre cuite par le métal. C'est généralement le zinc qu'on emploie, mais on en fait aussi des tuiles en tôle galvanisée et même en cuivre.

Tuiles Menant. Tuiles Duprat. — Ces tuiles métalliques peuvent être posées sur simples lattes, mais cependant nous recommandons de préférence l'emploi d'un voligeage qui soutient la tuile dans toutes ses parties et permet de marcher sur la toiture sans causer aucun désordre, quel que soit le numéro de zinc employé.

Ces tuiles se font à recouvrement et à agrafes, et une fois clouées forment un tout absolument solidaire (fig. 1084, 1085).

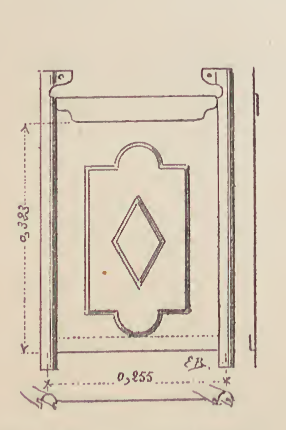


Fig. 1084. — Tuile Menant.

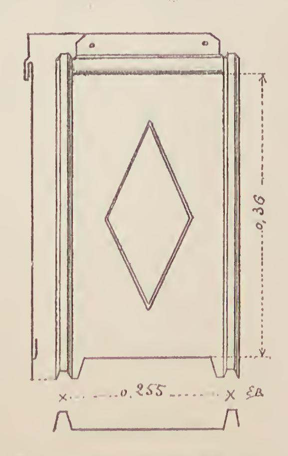


Fig. 1085. — Tuile Duprat.

La pose en est très simple. Sur charpente en bois on applique d'abord la bande de départ en zinc, en tôle ou en plomb. Les tuiles de la première rangée sont agrafées sur cette bande, clouées sur le second cours de liteaux ou de voliges. Puis, le second rang vient s'agrafer dans le premier en glissant de bas en haut; on cloue à la partie supérieure et ainsi de suite. Le raccord de faîtage est également très simple comme on le voit (fig. 1086, 1087).

Sur charpente en fer, on attache les tuiles sur le lattis en

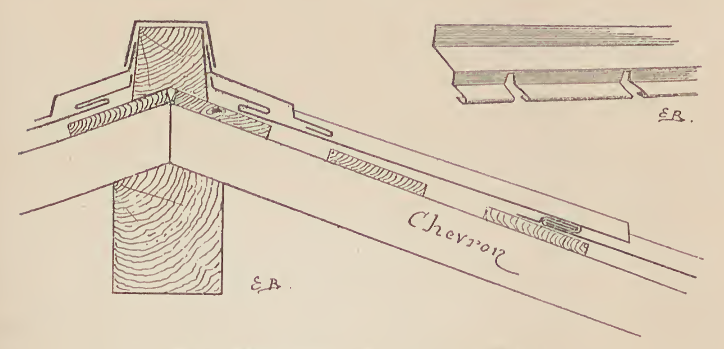


Fig. 1086, 1087. — Faîtage métallique.

recourbant simplement les pattes autour du fer, ou bien on les fixe par des crochets en fil galvanisé.

Ces couvertures pèsent, le mètre superficiel :

En zinc, n° 10, 5 kilogrammes; n° 11, 6; n° 12, 7; Tôle galvanisée, 5; Tôle brute, 4.

Cette dernière tuile ne s'emploie qu'avec un enduit destiné à la protéger contre l'oxydation.

La pente peut être aussi réduite que celle d'une couverture ordinaire en zinc.

COUVERTURE EN ARDOISES

L'ardoise est une pierrre schisteuse qui a la propriété de se déliter en feuilles minces et parfaitement planes.

Suivant M. Viollet-le-Duc ce ne fut guère que vers le XIe siècle que dans les contrées schisteuses, on employa l'ardoise pour les couvertures. Les éléments formant ces couvertures étaient mal coupés et fort épais, lourds par conséquent, et ne présentant d'avantages sur la tuile que dans les régions où se trouvaient les gisements.

Au XIIIe siècle, les ardoises de l'Anjou, des bords de la Moselle et des Ardennes, d'un schiste très pur et d'une grande régularité de taille, sont fort employées par les maîtres d'œuvres qui en font le meilleur emploi, profitant des effets différents que donne l'ardoise exposée à la lumière suivant qu'on présente sa surface dans un sens ou dans l'autre pour former une sorte de mosaïque de deux tons. Toutes les formes de coupes actuellement employées leur étaient connues et ils

faisaient en plomb tous les accessoires de couverture, faîtages, crêtes, arêtiers, noues, lucarnes, etc.

« Dans les villes du Nord, à partir du XIVe siècle, beaucoup de maisons étaient construites en pans de bois, et l'on se gardait bien alors, comme on le fait aujourd'hui, de couvrir ces pans par des enduits. » On les recouvrait d'une peinture soignée, et sur les parties exposées à la pluie, d'ardoises agréablement découpées, ou de bardeaux.

Depuis, l'ardoise n'a jamais cessé d'être employée, les châteaux de la Renaissance, les combles à la Mansard, par leurs formes, convenaient admirablement à son emploi.

L'ardoise, plus légère, plus facile à travailler, plus unie et plus brillante que la tuile, lui est inférieure sous le rapport de la durée et de la solidité; on ne peut marcher dessus, et, de plus, exposée à une haute température, elle éclate. En raison de sa légèreté, le vent a plus d'action sur elle; la pluie remonte plus facilement par l'effet de la capillarité dans ses joints serrés. Enfin, le contact prolongé de l'humidité lui est nuisible.

C'est pour ces causes que les architectes du moyen âge et de la renaissance furent amenés à donner à leurs toitures une inclinaison considérable pour empêcher les eaux de pluie de séjourner et en amener l'évaporation le plus promptement possible. Aussi doit-on donner à une couverture en ardoise une inclinaison d'au moins 45°.

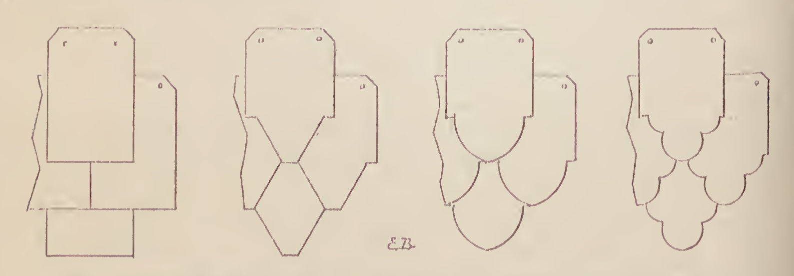


Fig. 1088, 1089, 1090, 1091. — Exemples de découpages d'ardoises.

Les ardoises sont taillées à leur extrémité apparente de toutes les formes géométriques et ornementales; en carré, en losange, en rond, en ogive, en trilobe, etc. (fig. 1088, 1089, 1090, 1091). On peut les peindre, comme cela s'est pratiqué, les émailler et même les dorer.

Voici le mode d'emploi recommandé par la commission des Ardoisières d'Angers.

MODÈLES ANGLAIS

Les ardoises modèles ordinaires peuvent être posées de différentes manières.

La règle suivante basée sur ce principe que le vide sous le toit ou écartement entre les voliges, devra être égal au pureau ou partie visible de l'ardoise sur le toit, permet de déterminer aisément les éléments de l'établissement d'une toiture avec tous nos modèles d'ardoises, soit au clou, soit au crochet.

Le pureau ou partie visible de l'ardoise sera égal au 1/3 de sa hauteur. L'écartement des voliges sera égal, d'axe en axe, au pureau et de rive en rive au 1/3 du pureau ; d'où il résultera que la largeur des voliges sera égal aux 2/3 du pureau. L'application de cette règle conduit à déterminer les divers éléments continus dans le tableau ci-dessous.

Les voliges seront débitées en sapin du Nord ou en peuplier et fixées par deux pointes à chaque chevron après que l'on se sera assuré que la charpente est parfaitement réglée. On ne doit adopter que dans des cas particuliers le voligeage jointif ou bouveté, parce que la circulation de l'air sous le toit pour y faire évaporer la condensation qui s'y dépose par la différence de la température intérieure à celle extérieure, est le plus grand élément de conservation des toitures.

Les ardoises reposeront sur trois voliges, de manière que leur chef de tête affleure le bord supérieur de la première volige et que leur chef de base affleure le bord supérieur de la quatrième volige. Elles devront être recouvertes aux deux tiers de leur hauteur et attachées par deux clous posés le plus en tête possible sans cependant approcher à plus de 0,020 des rives du haut et du côté de l'ardoise ; lorsqu'elles seront fixées par des agrafes, on exigera, de quelque forme qu'elles soient, qu'elles aient au moins 27/10 de millimètres de diamètre en fer bien galvanisé ou mieux en cuivre rouge.

Toutes les ardoises ne pouvant être de même épaisseur, il est essentiel qu'avant de les poser sur le toit, le couvreur en fasse le triage en trois catégories, et par degrés d'épaisseur ; les fortes seront aux égouts, celles de moyenne épaisseur au milieu du toit, enfin celles un peu plus minces près du faîtage.

L'ardoise d'Angers est élastique, on peut la serrer à volonté sans crainte de la briser, suivant les exigences de la toiture ; elle permet de faire, sous la main d'un ouvrier habile tous les tranchis pour rives, arêtiers, noues sous-doublis, approches de lucarnes et châssis, sans avoir recours à d'autres matériaux ainsi que toutes ornementations, par sa découpure sous toutes formes.

DIMENSIONS, POIDS, SOUS-DÉTAIL D'EMPLOI

DÉNOMINATIONS des ARDOISES		DIMENSIONS en MILLIMÈTRES			POIDS MOYENS des 1040 ardoises	PUREAU ou surface visible de chaque ardoise au recouvrement du 1/3 de la hauteur.	NOMBRE				
		hauteur	largeur	épaisseur			D'ardoises par mètre carré	De clous ou agrafes par mètre carré — Clous	De clous ou agrafes par mètre carré — Agrafes	De mètres de voliges par mètre carré	De pointes à voliges par mètre carré 2 par chevron
					kilos	mètre	ardoises			mètre	
ARDOISES ORDINAIRES	1e carrée, grand modèle	324	222	2,7 à 3,5	520	0,11	42	84	42	9,25	46
	1e carrée, 1/2 forte	297	216	2,7 à 3	410	0,10	47	94	47	10,10	50
	1e carrée, forte	297	216	2,8 à 4	540	0,10	47	94	47	10,10	50
	2e carrée, forte	297	195	2,7 à 3,5	410	0,10	52	104	52	10,10	50
	Grande moyenne forte	297	180	2,7 à 3,5	380	0,10	55	110	55	10,10	50
	Petite moyenne forte	297	162	2,7 à 3,5	330	0,10	62	124	62	10,10	50
	Moyenne	270	180	2,7 à 3,5	355	0,09	61	122	61	11,10	55
	Flamande n° 1	270	162	2,7 à 3,5	320	0,09	69	138	69	11,10	55
	Flamande n° 2	270	150	2,7 à 3,5	300	0,09	74	148	74	11,10	55
	3e carrée, n° 1	243	180	2,7 à 3,5	310	0,08	72	144	72	12,35	62
	3e carrée, n° 2	243	150	2,7 à 3,5	265	0,08	82	164	82	12,35	62
	4e carrée ou cartelette n° 1	216	162	2,7 à 3,5	260	0,07	88	176	88	13,90	69
	Cartelette n° 2	216	122	2,7 à 4	200	0,07	114	228	114	13,90	69
	Cartelette n° 3	216	96	2,7 à 4	150	0,07	146	292	146	13,90	69
Ardoises non échantillonnées.	Poil taché	297	168	2,7 à 4	400	0,09 moy.	70 en moy.	140	70	10,10	50
	Poil roux	au moins 270	au moins 141	2,7 à 4	300	0,09 d°	80 d°	160	80	11,10	55
	Héridelle	au moins 380	au moins 108	2,7 à 4	480	variable	»	»	»	»	»
Ardoises taillées à la mécanique.	Grande écaille	au moins 296	au moins 198	2,8 à 4	500	0,10	50	100	50	10,10	50
	Petite écaille	230	132	2,7 à 3,5	240	0,08	94	188	94	13,15	66
	Ardoises découpées	300	170	2,8 à 3,5	300	0,10	60	120	60	10	50

MODÈLES ANGLAIS

Les ardoises modèle anglais, de quelque échantillon qu'elles soient, s'emploient par superposition, en se conformant aux règles suivantes :

Le couvreur, après s'être assuré que le chevronnage est parfaitement réglé, fixera le recouvrement ou liaison à donner à ses ardoises suivant l'angle d'inclinaison du toit. Il devra être de 0m,08 pour les toitures inclinées au-dessus et jusqu'à 20°, et de 0m,10 à 1m,12 pour celles variant de 19 à 15°. Le recouvrement adopté, on en déduira facilement : 1° le pureau ou surface visible de l'ardoise sur la toiture, qui devra toujours être égal à la moitié de la hauteur de l'ardoise, déduction faite du recouvrement; 2° l'écartement des voliges qui doit toujours être égal au pureau. Les voliges doivent être en bois de sapin du Nord, attachées à deux pointes par chevron, larges de 0m,08 mises en chanlattes aux épaisseurs suivantes : pour les numéros 1, 2, 3, de 0m,03 et 0m,02, pour les numéros 4, 5, de 0m,025 et 0m,015; pour les numéros 6 à 12, de 0m,02 et 0m,01. Si on employait des voliges sciées droites, ce qui est nécessaire pour la couverture avec n'importe quel système d'agrafe, on les mettrait aux épaisseurs moyennes des voliges chanlattées, 0m,025, 0m,020, 0m,015, suivant numéros.

L'ardoise sera toujours clouée à deux clous en cuivre; ces clous qui peuvent varier de 0m,035 à 0m,025 de longueur, suivant les numéros d'ardoise employés peuvent être placés soit en tête de l'ardoise, soit au milieu, suivant que l'on veut plus ou moins serrer les ardoises entre elles, lorsque l'ardoise sera fixée par agrafe, on exigera de quelque forme qu'elle soit, qu'elle ait au moins 0m,003 de diamètre en fer bien galvanisé ou mieux de cuivre rouge. Toutes les ardoises ne pouvant être de même épaisseur, il est essentiel qu'avant de les poser sur le toit, le couvreur en fasse le triage, en trois catégories, et par degrés d'épaisseur : les fortes seront aux égouts, celles d'une moyenne épaisseur au milieu du toit, enfin celles un peu plus minces près du faîtage.

DIMENSIONS, POIDS, SOUS-DÉTAIL D'EMPLOI

NUMÉROS D'ORDRE	DIMENSIONS en POUCES ANGLAIS		DIMENSIONS en MILLIMÈTRES			POIDS MOYEN des 104 ardoises	PUREAU ou surface visible de chaque ardoise au recouvrement de 8 centimètres	NOMBRE d'ardoises par mètre carré au recouvrement de 8 centimètres	NOMBRE de clous ou agrafes par mètre carré au recouvrement de 8 centimètres		NOMBRE de mètres de voliges par mètre carré au recouvrement de 8 centimètres	NOMBRE de pointes à voliges par mètre carré deux par chevron	NOMBRE moyen de mètres carrés de couverture exécutable par compagnon et aide en une journée
	hauteur	largeur	hauteur	largeur	épaisseur				Clous	Agrafes			
						kilog.	millim.				mètres		
1	25	14	640	360	4.5 à 6	310	0,280	9.92	20	10	3.60	18	18
2	24	14	608	360		290	0.265	10.48	21	11	3.80	19	18
3	24	12	608	304		245	0.265	12,40	25	13	3.80	19	18
4	22	11	558	279		202	0.240	14.92	30	15	4.20	21	16
5	20	10	508	254		151	0.215	18,31	37	19	4.65	24	16
6	18	10	458	254		133	0.190	20,70	41	21	5.30	27	14
7	16	8	406	203	3,8 à 5	92	0,165	29,85	60	30	6.10	31	14
8	14	8	355	203		71	0.140	35,21	70	36	7.15	36	12
9	14	7	355	177		63	0.140	40,32	81	41	7.15	36	12
10	12	6 1/2	305	165		47	0.115	52,63	105	53	8,70	44	10
11	14	10	360	254		96	0.140	28,12	56	29	7.15	36	14
12	12	8	304	203		62	0.115	42.83	85	43	8.10	44	11

ARDOISES DES ARDENNES

DÉSIGNATION	DIMENSIONS hauteur	DIMENSIONS largeur	ÉPAISSEUR minima	ÉPAISSEUR maxima	POIDS de 1040 ardoises	PUREAU	NOMBRE par mètre carré
					kilog.		
Grande carrée	0,30	0,22	0,002	0,003	420	0,10	45
Grand Saint-Louis. Coupe Angers.	0,20	0,19	»	»	350	»	55
Grand Saint-Louis. Coupe ordinaire.	»	»	»	»	»	»	»
Grand Baras	0,32	0,19	»	»	450	»	»
Petit Baras	0,30	0,19	0,003	0,004	425	»	50
Grande démêlée	0,28	0,16	0,003	0,003	340	»	71
Petite démêlée	0,265	0,150	»	»	270	»	90

Les schistes lamelleux se distinguent entre eux par les différences de coloration. Les principaux gisements donnent :

Angers (Maine-et-Loire)	Gris bleuâtre.
Chattemoue (Mayenne)	— plus clair.
Renazé (Mayenne) Portlaunay (Finistère)	— plus foncé.
Rimogne (Ardennes) Deville (Ardennes) Monthermé (Ardennes)	Gris verdâtre clair.
Fumay (Ardennes)	Bleu foncé. Violet.
Haybes (Ardennes)	Bleu foncé.
Rimogne (Ardennes)	—
Haybes (Ardennes) Moulin-Sainte-Anne (Ardennes)	Violet.

Voici d'après M. Pierre Chabat les méthodes les plus expéditives pour se rendre compte de la qualité d'une ardoise.

1° On fait tremper le feuillet dans l'eau pendant une journée jusqu'à 2 centimètres de son bord. Si l'eau par suite de la capillarité ne gagne pas un centimètre en plus, l'ardoise est jugée bonne. Elle serait d'autant plus mauvaise, au contraire, que l'eau s'élèverait davantage.

2° On pèse une ardoise, on la plonge dans l'eau pendant une heure, on la retire et on la pèse de nouveau ; l'ardoise sera d'autant plus spongieuse, c'est-à-dire de mauvaise qualité, que le poids de l'eau absorbée sera plus considérable. « Lorsqu'elle est immergée, l'ardoise d'Anjou s'imbibe d'une quantité d'eau qui va en croissant avec son épaisseur. Pour une épaisseur de

$0^m,003$, elle absorbe les cinq dix-millièmes de son poids. » (Prudhomme, *Cours de construction.*)

3° On forme un petit bassin ou auget en bordant l'ardoise avec de la cire, on y verse de l'eau qu'on laisse séjourner pendant plusieurs jours. L'ardoise est bonne, si au bout de ce laps de temps, l'eau n'a pas pénétré.

Un des points faibles de l'ardoise réside dans la difficulté qu'on rencontre pour faire les réparations et poser, comme on dit dans le bâtiment, une ardoise en *recherche*. Quand une ardoise est brisée et qu'il faut la remplacer, l'ouvrier ne peut la reclouer comme l'était l'ancienne, l'endroit où se trouvaient les clous étant recouverts par les ardoises supérieures. Il est donc obligé d'arracher un clou à chacune des deux ardoises qui se trouvent au-dessus, puis de les faire pivoter sur leur dernier clou, l'une à droite et l'autre à gauche, de manière à découvrir presque entièrement la place de l'ardoise à remplacer. La nouvelle ardoise est alors fixée par un seul clou et on ramène en place les deux autres préalablement déplacées. On voit le travail à la fois difficile et défectueux que nécessite le remplacement d'une ardoise.

Pour remédier à ce grave inconvénient on a imaginé de supprimer radicalement les clous et de fixer l'ardoise avec des crochets.

Il y en a une grande variété, mais nous nous contenterons d'en examiner quelques-uns (fig. 1092), sur lattis bois (fig. 1093),

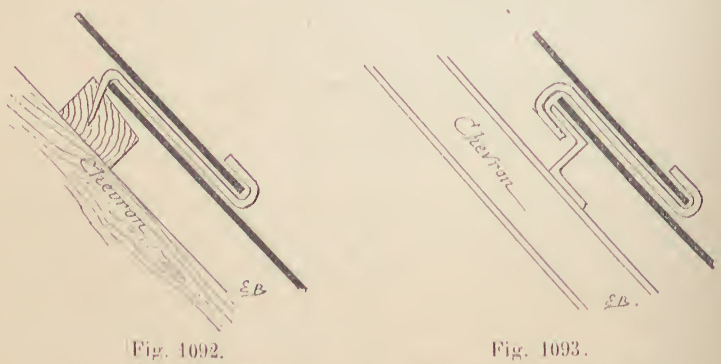


Fig. 1092.
Crochet sur lattis en bois.

Fig. 1093.
Crochet sur lattis en fer.

sur lattis fer (modèles Fourgeau). Le premier modèle est un crochet en fil de cuivre dont la partie supérieure appointie et recourbée est enfoncée dans la latte.

La deuxième est sans pointe et accroché sur le lattis en fer. Tous deux sont relevés à leur partie inférieure pour soutenir l'ardoise.

Un autre système est celui de M. Paumier, c'est un crochet à ressort agrafant la latte et soutenant l'ardoise (fig. 1094, 1095).

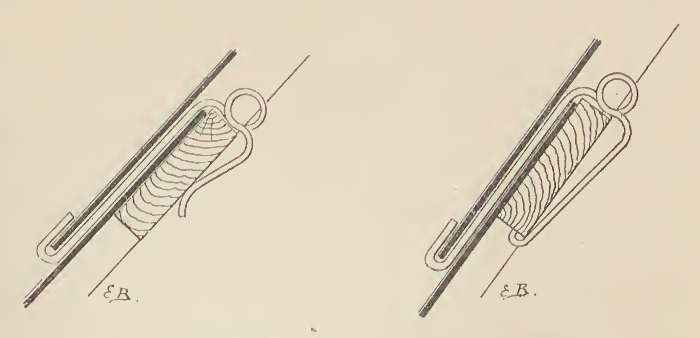


Fig. 1094, 1095. — Crochets-agrafes à ressorts.

D'autres crochets sont faits de petites lames de métal, zinc, fer galvanisé ou cuivre. Celui de M. Hugla se compose d'une branche droite légèrement renvoyée et percée d'un trou à la

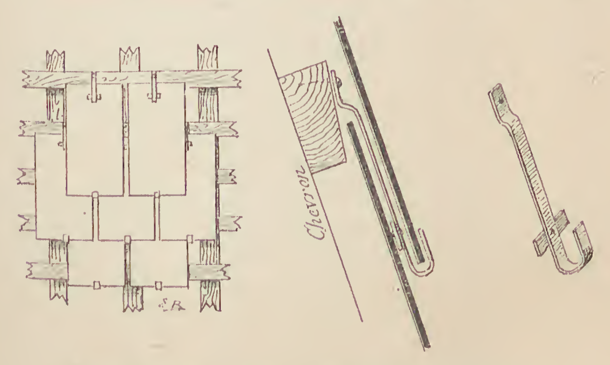


Fig. 1096, 1097, 1098. — Crochets en feuillard.

partie supérieure pour être cloué sur la latte; le pied est replié en forme d'agrafe comme dans les précédents exemples (fig. 1096, 1097, 1098).

Citons enfin le crochet Laurent découpé dans une plaque de métal. Il se fait en zinc laminé, numéros 19 et 20 ou en cuivre de 1 millimètre. Les largeurs sont de 0^{m},011 pour le zinc n° 19; de 0^{m},008 pour le zinc n° 20 et enfin de 0^{m},005 pour le cuivre de 1 millimètre (fig. 1099, 1100).

Ce système maintient solidement l'ardoise tout en permettant une certaine élasticité. Les deux branches de la croix reçoivent les deux ardoises du rang inférieur sur les côtés, ce qui donne

par chaque crochet trois points de contact à trois ardoises et isolent complètement et dans toute leur surface les ardoises les unes des autres, de sorte que l'action capillaire n'ayant plus lieu et l'aération étant complète, la couverture présente beaucoup plus de garantie de durée.

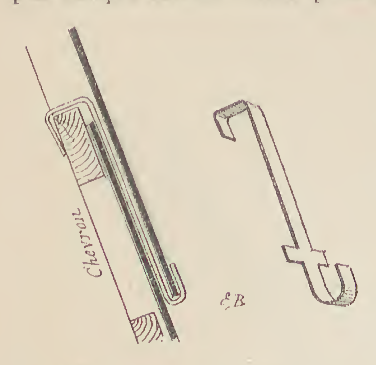


Fig. 1099. 1100. — Crochet découpé.

Dans les couvertures où l'ardoise est fixée par un crochet, la réparation ne présente aucune difficulté ; il suffit simplement de faire glisser l'ardoise de bas en haut de manière à la faire sortir du crochet, puis la soulever légèrement et la faire descendre. La mise en place de l'ardoise neuve est l'opération inverse.

Arêtiers. — Le plus simple moyen de faire un arêtier sur une toiture en ardoise consiste à laisser simplement les ardoises d'une des surfaces recouvrir les abouts de celles de l'autre, ou encore de faire ces recouvrements chevauchés, c'est-à-dire alternatifs. Pour ce genre d'arêtier, les ardoises sont simplement tranchées de biais à la demande du comble.

On emploie encore : la bavette simple ou bande de zinc ou de plomb ployée suivant l'angle formé par l'intersection de deux surfaces couvertes ; la bavette composée, qui comporte deux

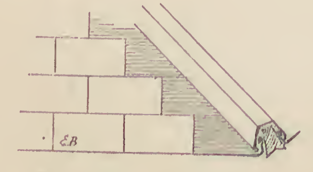


Fig. 1101. — Arêtier.

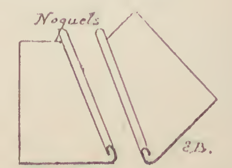


Fig. 1102. — Noquets.

bavettes clouées sur un tasseau, lequel est ensuite recouvert d'un couvre-joint (fig. 1101, 1102) ; avec noquets ou petites ardoises en zinc fixées sur tasseau et abritées à leur jonction sur l'arête par un couvre-joints.

Le faîtage simple peut s'obtenir de la même façon que la bavette composée. On peut aussi procéder comme pour les arêtiers ; on commence par araser le faîtage par un rang d'ardoises

coupées à vif, et sur l'autre versant, celui exposé aux pluies, on fait dépasser le dernier rang d'ardoises de $0^{m},10$ environ. Ce procédé évite toute complication de couverture et donne toujours un bon résultat.

Crochets. — Nous avons dit plus haut que l'ardoise employée en faible épaisseur pour être légère, était trop faible pour permettre de marcher sur une toiture même bien faite et bien voligée. On est forcé dans les réparations d'employer des échelles spéciales permettant aux ouvriers de répartir la charge sur une grande quantité d'ardoises et, de plus, de pouvoir se tenir et vaquer sur des couvertures dont la pente est toujours considérable.

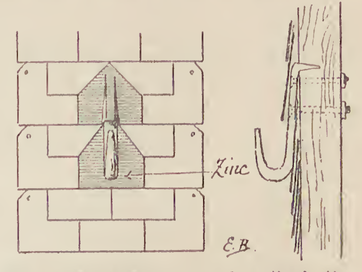


Fig. 1103, 1104. — Crochet d'échelle.

C'est pour attacher provisoirement les échelles que l'on dispose sur les couvertures en ardoises des crochets solidement fixés sur les chevrons (fig. 1103, 1104).

COUVERTURE EN ZINC

Le zinc est un métal d'un blanc bleuâtre, d'une nature lamelleuse et qui possède une odeur et une saveur particulières.

Il est plus dur et moins ductible que le plomb et l'étain; chauffé à plus de 100°, il devient malléable, s'étend sous le marteau, et devient ductile et peut être réduit en feuilles minces ou s'étirer en fils très déliés. Au delà de 200°, il perd sa malléabilité et devient cassant.

Sa pesanteur spécifique est de $6^{kg},860$ pour le zinc fondu et $7^{kg},209$ pour le zinc laminé. Il entre en fusion à 374°, et à une température supérieure, c'est-à dire au rouge blanc, il se volatilise en flocons d'oxyde blanc, employée dans la peinture.

La *calamine* et la *blende* sont les deux minerais principaux du zinc; la calamine est un carbonate de zinc mêlé de silicate de zinc plus ou moins chargé de fer et contenant 40 à 60 p. 100 d'oxyde de zinc. Le second est un sulfure de zinc mêlé à d'autres sulfures et renferme 45 à 60 p. 100 de zinc métallique.

Dès une époque très reculée, la calamine servait à la fabrication du laiton, mais le zinc proprement dit ne date que du commencement du siècle et ce n'est guère que depuis une cinquan-

taine d'années que le zinc laminé est entré dans la pratique et l'usage en est devenu presque général de nos jours.

Fabrication. — Nous venons de dire plus haut que la malléabilité du zinc était resserrée entre des limites de température très rapprochées; cette circonstance complique et rend fort difficile le laminage du zinc, et il faut beaucoup de soin et d'expérience pour obtenir un produit satisfaisant aux besoins du commerce et de l'industrie.

Après avoir été refondu et épuré dans des sortes de fours à réverbères, le zinc brut est coulé en lingots ou en plaques de différentes épaisseurs, suivant les dimensions des feuilles à obtenir.

Ces plaques sont d'abord dégrossies ou ébauchées entre de lourds cylindres commandés par de puissantes machines. Puis ces dégrossis eux-mêmes, après avoir été ramenés par le cisaillage à un poids déterminé, sont conduits aux trains finisseurs où s'achève le laminage.

Au sortir des cylindres finisseurs, les feuilles sont rognées par une cisaille aux dimensions réclamées par le commerce.

Après avoir été rognées, les feuilles de zinc sont triées avec le plus grand soin; sur celles qui réunissent toutes les conditions voulues, on imprime le timbre ou « marque de fabrique ». On vérifie surtout l'épaisseur; celle-ci s'exprime par des chiffres allant par ordre croissant de 1 à 26, et variant entre 1 dixième de millimètre et $2^{m}/_{m}$ 680.

Telle est la manière dont on fabrique le zinc en feuilles dans les usines de la Vieille-Montagne. Nous donnons ci-contre un tableau indiquant les dimensions et poids :

Les feuilles numéros 1 à 5 ne sont laminées que sur commandes spéciales, à dimensions réduites.

Les épaisseurs ordinairement employées pour doublages sont celles des numéros 15, 16 et 17 ; les dimensions de $1^{m},30 \times 0^{m},40$ sont employées dans les ports de la Méditerranée et celles de $1^{m},15 \times 0^{m},35$ dans les ports de l'Océan.

Un mètre cube de zinc pèse 7 000 kilogrammes; ainsi une feuille d'un mètre carré sur un millimètre d'épaisseur pèse 7 kilogrammes.

On doit admettre à partir du numéro 6, une tolérance de 1/36 en plus ou en moins dans le poids de chaque feuille, ce qui, pour la feuille de $2^{m},00 \times 0^{m},80$ en n° 14 par exemple, représenterait une tolérance de $0^{kg},255$ environ, soit en plus, soit en moins, sur son poids théorique de $9^{kg},184$.

Dans une couverture on n'emploie jamais de zinc au-dessous

NUMÉRO du ZINC	ÉPAISSEUR APPROXIMATIVE en millimètres	POIDS MOYEN APPROXIMATIF D'UNE FEUILLE DES DIMENSIONS SUIVANTES — POUR TOITURES ET AUTRES EMPLOIS				POUR DOUBLAGES DE NAVIRES		POIDS MOYEN APPROXIMATIF du mètre carré
		2m00 × 1m00	2m00 × 0m80	2m00 × 0m65	2m00 × 0m50	1m30 × 0m40 MÉDITERRANÉE	1m15 × 0m35 OCÉAN	
	millimètres	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes
1	0,100	»	»	»	»	»	»	0,700
2	0,143	»	»	»	»	»	»	1,001
3	0,186	»	»	»	»	»	»	1.302
4	0,228	»	»	»	»	»	»	1,596
5	0,250	»	»	»	»	»	»	1.750
6	0.300	4 200	3 360	2 730	2 100	»	»	2.100
7	0,350	4 900	3 920	3 185	2 450	»	»	2,450
8	0.400	5 600	4 480	3 640	2 800	»	»	2,800
9	0.450	6 300	5 040	4 095	3 150	»	»	3,150
10	0.500	7 000	5 600	4 550	3 500	»	»	3,500
11	0.580	8 120	6 496	5 278	4 060	»	»	4.060
12	0.660	9 240	7 392	6 006	4 620	»	»	4.620
13	0.740	10 360	8 288	6 734	5 180	»	»	5.180
14	0.820	11 480	9 184	7 462	5 740	2 985	2 310	5.740
15	0.950	13 300	10 640	8 645	6 650	3 458	2 677	6,650
16	1,080	15 120	12 096	9 828	7 560	3 931	3 043	7.560
17	1.210	16 940	13 552	11 011	8 470	4 404	3 409	8.470
18	1.340	18 760	15 008	12 194	9 380	4 878	3 775	9.380
19	1.470	20 580	16 464	13 377	10 290	5 351	4 142	10,290
20	1.600	22 400	17 920	14 560	11 200	5 824	4 508	11,200
21	1.780	24 920	19 936	16 198	12 460	6 479	5 015	12.460
22	1.960	27 440	21 952	17 836	13 720	7 134	5 522	13.720
23	2.140	29 960	23 968	19 474	14 980	7 790	6 029	14,980
24	2.320	32 480	25 984	21 112	16 240	8 445	6 537	16,240
25	2.500	35 000	28 000	22 750	17 500	9 100	7 044	17,500
26	2.680	37 520	30 016	24 388	18 760	9 755	7 551	18.760
Surface de chaque feuille dans les diverses dimensions.		2m.00	1m.60	1m.30	1m.00	0m.52	0m.4020	

du numéro 12, et encore cette force ne convient-elle qu'à des constructions provisoires et pour les travaux destinés à ne supporter que peu de fatigue, tels que les recouvrements de bandeaux et de corniches. Pour la couverture proprement dite appelée à résister même à la marche, il ne faut jamais employer un zinc d'une épaisseur inférieure au numéro 14. Le même numéro convient pour les gouttières, chéneaux et tuyaux de descente.

Pour les couvertures de longue durée, édifices par exemple, on emploie les numéros 15 et 16.

Le zinc, résistant bien aux agents atmosphériques, se dilate beaucoup quand la température s'élève. Pour une variation de 0 à 100° sa dilatation linéaire est de 0m,003 par mètre.

C'est là le plus grave défaut du zinc, quand, employé en couverture, il est exposé à des variations continuelles, et si la couverture est mal faite, c'est-à-dire si elle comporte des soudures et des clous, le métal en se retirant se déchire; ou bien, s'il est fixé aux deux extrémités, il devient cassant par suite du ploiement et du redressement continuels causés par la dilatation et le retrait successifs.

C'est pour parer aux accidents causés par la dilatation qu'on a recherché un mode de pose qui permette librement au zinc de se contracter ou de s'étendre en glissant sur le voligeage, en jouant dans les joints, et en restant toujours plan. C'est le système appelé « à dilatation libre », le seul rationnel et le seul actuellement employé.

Système à dilatation libre. — La première précaution à prendre est de choisir les feuilles de la moins grande largeur possible pour éviter le gondolement dû aux dilatations inégales, et de grande longueur pour diminuer le nombre des joints horizontaux, toujours difficiles à rendre bien étanches.

Une couverture à dilatation établie dans de bonnes conditions se fait de la manière suivante :

1° On commence par poser sur les chevrons un voligeage de 0m,11 à 0m,15 de largeur et 0m,0013 à 0m,014 d'épaisseur, en réservant entre chaque volige un espace de 0m,01. Ces voliges sont clouées au moyen de pointes dont la tête doit être noyée dans le bois[1] pour éviter de mettre en contact le fer avec le zinc;

2° Sur le voligeage et parallèlement à la pente du toit, à la distance demandée par la largeur de feuille choisie, soit 0m,50,

[1] Nous conseillons de préférence l'emploi de clous en zinc. Dans la pratique, l'ouvrier se préoccupe peu de noyer les têtes dans le bois; il est impossible, dans beaucoup de cas, d'exercer une surveillance suffisante, et le zinc se troue promptement au droit des clous.

$0^{m},65$, ou $0^{m},80$, des tasseaux en sapin dont la section présente la forme d'un trapèze pour permettre aux feuilles de zinc poussées par les dilatations transversales de glisser, et non buter, contre les faces latérales inclinées du tasseau (fig. 1105), et

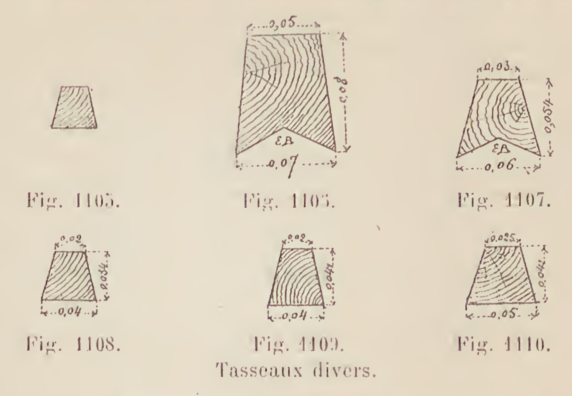


Fig. 1105. Fig. 1106. Fig. 1107.

Fig. 1108. Fig. 1109. Fig. 1110.

Tasseaux divers.

dont la hauteur, et par suite la largeur, sont d'autant plus considérables que la pente est plus faible.

Pour une inclinaison normale, convenant bien au zinc, soit : de 18 à 25°, les dimensions du tasseau sont les suivantes : pour faîtage (fig. 1106) ; pour arêtier (fig. 1107) ; pour couvre-joints suivant les pentes (fig. 1108, 1109, 1110).

La figure 1108 correspond à la faible pente, la figure 1109 convient de 18 à 25°, et la figure 1110 aux inclinaisons de 25 à 80° ;

3° A la partie inférieure du voligeage, près du chéneau ou de la gouttière, on place une bande de zinc de $0^{m},10$ à $0^{m},12$ de largeur appelée *bande d'agrafe*, et qui sert à agrafer la première feuille pour empêcher le vent de la soulever. Cette bande



Fig. 1111, 1112. — Agrafes des feuilles de zinc.

dépasse le voligeage de $0^{m},03$ environ, afin que la goutte d'eau tombe bien dans la gouttière ou le chéneau et ne soit pas sollicitée à remonter et à pénétrer sous le voligeage ;

4° Avant la pose, les feuilles de zinc sont préparées de la

manière suivante : sur les bords longitudinaux, ceux qui viennent s'appliquer contre les tasseaux, les feuilles sont pliées et relevées sur une hauteur variant de 0m,03 à 0m,04, suivant la pente. Pour les joints horizontaux, la partie supérieure de la feuille est rabattue en dessus et la partie inférieure en dessous. Au préalable, on a passé sous les tasseaux et sur le voligeage des pattes en zinc (fig. 1111, 1112, 1113). On pose alors la feuille, dont la longueur est généralement de 2 mètres, les bords latéraux relevés venant s'appliquer contre les tasseaux, le crochet inférieur engagé dans la bande d'agrafe, et la partie supérieure fixée au voligeage par la patte A. La deuxième feuille posée de même vient s'agrafer dans la feuille précédente, est fixée en haut par les pattes clouées sur le voligeage, et ainsi de suite.

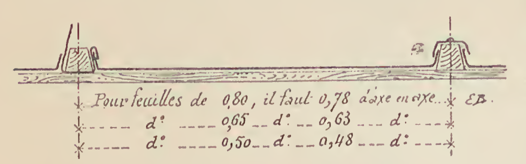


Fig. 1113. — Pose des feuilles de zinc.

En posant les feuilles de zinc, on doit tenir compte de la température au moment du travail et se souvenir qu'une feuille de zinc de 2 mètres peut, pour une différence de température de 50°, donner une variation de longueur de 0m,003. Supposons donc que le travail de couverture s'effectue en été, on pourra avoir de 30 ou 45°, le zinc sera dilaté considérablement et on devra donc dans l'agrafage des feuilles tenir compte de l'extension du zinc, c'est-à-dire laisser largement le jeu nécessaire pour le retrait. Si on négligeait cette précaution, les feuilles en se contractant par suite d'une température plus basse, arracheraient les agrafes, et en cas de résistance se déchireraient, d'où des fuites (fig. 1114).

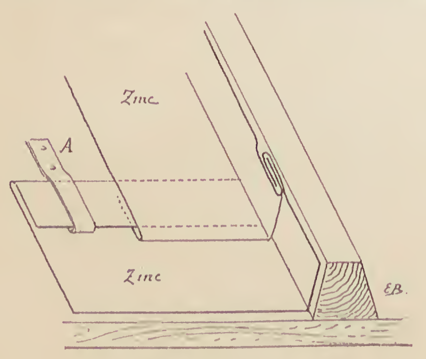


Fig. 1114.
Joint horizontal à dilatation libre.

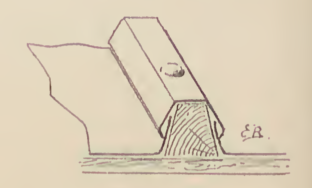


Fig. 1115.
Couvre-joint.

5° Quand les feuilles sont en place, le couvreur se dit « hors d'eau », ce n'est pas absolument vrai, il reste à faire le recouvrement des tasseaux. Ce recouvrement se fait avec des couvre-joints dont les bords sont légèrement repliés en dedans de manière à isoler le bord du couvre-joint, du bord longitudinal de la feuille et éviter ainsi les infiltrations capillaires (fig. 1115).

Les couvre-joints sont fixés sur les tasseaux au moyen de vis garnies d'un collier en plomb; ou bien, au moyen de clous recouverts de calotins soudés et assez bombés pour éviter le contact du fer; enfin, au moyen de pattes à gaine soudées dans le fond du couvre-joint et passant dans une gaine en zinc clouée sur le dessus du tasseau.

Les couvre-joints ont la même longueur que les feuilles, ils sont cloués en tête et fixés au milieu et en bas par un des procédés que nous venons d'indiquer.

ARDOISES DE ZINC

La société de la Vieille-Montagne fabrique un système dit « à losanges » qui peut s'appliquer à toutes les formes de couvertures, aux constructions légères comme aux édifices, et aussi au revêtement des murs extérieurs.

Les ardoises en zinc ont les quatre côtés égaux et perpendiculaires entre eux, c'est-à-dire qu'elles ont la forme d'un carré, et que, par suite du recouvrement d'une ardoise sur l'autre, elles prennent la forme géométrique de losange.

Les deux côtés supérieurs des ardoises sont rabattus pour former agrafures plates, tandis que les deux côtés inférieurs sont repliés en sens inverses pour former également agrafures, mais celles-ci, au lieu d'être plates, portent un boudin ou ourlet pour empêcher l'eau de remonter entre elles par capillarité.

Chaque ardoise est maintenue sur la volige par une patte, dite à obturateur, qu'on agrafe avec les plis plats des côtés à leur rencontre l'angle supérieur et qu'on fixe par 2 clous et 4 clous suivant les dimensions des ardoises. Deux autres pattes, dites de côtés, également fixées sur la volige par 3 clous s'appuient sur les agrafures plates et empêchent aussi le soulèvement des

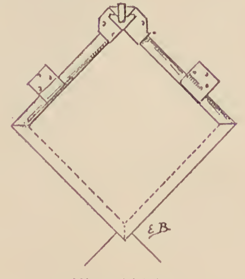


Fig. 1116.
Ardoise de zinc.

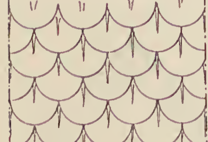
ardoises sans faire obstacle à leur dilatation d'ailleurs très minime (fig. 1116).

La pente convenable est de 20 à 22°, soit 0m,36 à 0m,40 par mètre.

TABLEAU DONNANT LES DIMENSIONS ET POIDS DES ARDOISES DE ZINC DE LA VIEILLE MONTAGNE

DIMENSION des côtés des ardoises	SURFACE développée des ardoises	NOMBRE DES ARDOISES ET DES PATTES de côté par mètre carré de couverture			POIDS DU ZINC, PATTES COMPRISES par mètre carré de couverture					LONGUEUR de la diagonale pour calcul des demi-ardoises
		Nombre des ardoises	NOMBRE DES PATTES DE CÔTÉ par ardoises	NOMBRE DES PATTES DE CÔTÉ par mètre carré	N° 9	N° 10	N° 11	N° 12	N° 13	
m	m²	pièces	pièces	pièces	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
0,28	0,1063	14,48	0	0	5,47	6,03	6,91	7,89	»	0,39
0,35	0,1574	9,22	2	18	5,31	5,80	6,63	7,44	»	0,49
0,45	0,2474	5,42	2	11	»	5,33	6,08	6,83	7,58	0,63
0,60	0,4199	2,98	2	6	»	4,71	5,64	6,35	7,05	0,85
0,75	0,6374	1,88	2	4	»	4,40	5,07	5,74	6,41	1,05

Nous passerons les zincs cannelés, ondulés et à nervures qui ne diffèrent guère que par le métal du système de couverture en tôle ondulée que nous examinerons plus loin.


Fig. 1117.
Zinc en écailles.

Ecailles de zinc. — Couverture très décorative, obtenue par des feuilles de zinc estampées. L'industrie fournit de nombreux modèles comme dimensions d'écailles et dessin (fig. 1117).

COUVERTURES EN PLOMB

Elle est sans contredit la première et la meilleure des couvertures métalliques. L'emploi du plomb pour couvrir les édifices remonte très loin dans l'histoire de l'architecture, et en France,

dès les rois mérovingiens, on couvrait entièrement en plomb des églises et des palais. Saint Éloi passe pour avoir fait couvrir l'église de Saint-Paul des Champs, de lames de plomb artistement travaillées.

Le plomb est un métal très lourd, sa pesanteur spécifique est de 11kg,440 le décimètre cube ; il est d'un gris bleuâtre, très malléable, peu tenace, et se prêtant parfaitement au martelage. Ce métal acquiert une odeur sensible par le frottement ; il s'oxyde à l'air humide et dans l'eau, mais cette altération n'est jamais que superficielle.

Mais par cela même que le plomb est malléable et lourd, il est disposé à toujours s'affaisser ou à déchirer les attaches qui le retiennent sur la forme en bois qu'il est destiné à couvrir. L'art du plombier consiste donc à maintenir les lames de plomb d'une manière assez parfaite pour résister à l'affaissement causé par la pesanteur. De plus, la chaleur occasionne une dilatation considérable de ce métal, tandis que l'action du froid produit une contraction proportionnelle. On comprend alors la difficulté qu'éprouve le plombier pour parer aux inconvénients résultant de la pesanteur, de la malléabilité, de la dilatation et du retrait. Il doit maintenir le plomb pour l'empêcher de s'affaisser et le laisser libre pour lui permettre de s'étendre ou de se retirer suivant les variations de température. Sa dilatation est de 0m,0014 pour 50°.

A côté de certains inconvénients, le plomb présente des avantages considérables. La couverture ainsi faite est moins susceptible d'être enlevée par le vent ; le plomb étant moins bon conducteur de la chaleur, présente moins de désagrément que le zinc ; la facilité avec laquelle il se travaille et se prête à toutes les formes, permet de couvrir sans difficulté des surfaces quelconques et d'épouser toutes les formes, les plus ornées ou les plus capricieuses ; le plomb s'altère peu au contact des agents atmosphériques, M. Viollet-le-Duc a vu, en 1835, les plombs couvrant les combles de la cathédrale de Chartres et datant du XIIIe siècle, « ces plombs étaient parfaitement sains, coulés en tables d'une épaisseur de 0m,004 environ, revêtus extérieurement par le temps d'une patine brune, dure, rugueuse, brillante au soleil. Ces plombs étaient posés sur volige de chêne, et les tables n'avaient pas plus de 0m,60 de largeur Elles étaient d'une longueur de 2m,50 environ, clouées à leur tête sur la volige par des clous de fer étamé, à larges têtes ; les bords latéraux de chacune de ces tables s'enroulaient avec ceux des tables voisines, de façon à former des bourrelets de plus de 0m,04 de diamètre ; leur bord inférieur

était maintenu par deux agrafes de fer, afin d'empêcher le vent de le retrousser. »

Exposé à l'air, le plomb s'oxyde légèrement et se couvre d'une patine qui le protège contre les agents atmosphériques.

Dans son emploi, il convient d'éviter de le mettre en contact avec le plâtre frais, avec le chêne non flotté [1], avec les métaux susceptibles d'oxydation.

La couverture en plomb se fait de la manière suivante : on commence par établir un solide voligeage en sapin ; les feuilles sont ensuite posées, la plus grande longueur dirigée dans le sens de la pente ; on les retient par le bas au moyen de deux crochets en cuivre rouge étamé cloués sur le voligeage (fig. 1118).

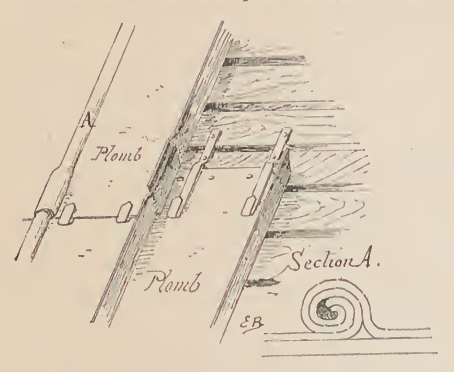


Fig. 1118. — Pose de feuilles de plomb.

A la partie supérieure, on cloue la feuille sur le voligeage au moyen de fortes pointes. Les joints parallèles à la pente se font par agrafure, comme le montre notre figure, en ayant soin de

[1] « Le plomb laminé que l'on emploie généralement aujourd'hui est d'une épaisseur uniforme, mais le laminage dissimule des brisures ou des défauts qui se manifestent bientôt sous l'action de l'air, et qui occasionnent des infiltrations. De plus, le plomb laminé est sujet à se *piquer*, ce qui n'arrive pas habituellement au plomb coulé. Ces piqûres sont faites par des insectes qui perforent le plomb de part en part et forment ainsi autant de trous d'un millimètre environ de diamètre, à travers lesquels l'eau de pluie se fait jour. Nous n'avons jamais eu à signaler de ces sortes de perforations dans des vieux plombs coulés, tandis qu'elles sont très fréquentes dans les plombs laminés..... Un autre phénomène se produit avec l'emploi du plomb pour revêtir le bois. Autrefois les bois employés dans la charpente et le voligeage avaient longtemps séjourné dans l'eau et étaient parfaitement purgés de leur sève ; aujourd'hui, ces bois (de chêne) sont souvent mal purgés ou ne le sont pas du tout ; il en résulte qu'ils contiennent une quantité considérable d'acide pyroligneux (particulièrement le bois de Bourgogne), qui forme avec le plomb un oxyde, de la céruse, dès que le métal est en contact avec lui. L'oxydation du plomb est si rapide dans ce cas, que, quelques semaines après que le métal a été posé sur le bois, il est réduit à l'état de blanc de céruse, et est bientôt percé. Nous avons vu des couvertures, faites dans ces conditions, qu'il a fallu refaire plusieurs fois en peu de temps, jusqu'à ce que le plomb eut absorbé tout l'acide contenu dans les fibres du bois. Des couches de pein-

laisser le jeu nécessaire pour assurer toute liberté à la dilatation. On pose ensuite et de la même façon le deuxième rang de feuille en faisant un recouvrement qui varie suivant l'inclinaison de la toiture de 0m,07 à 0m,21. Le faîtage peut se faire simplement d'une bande à cheval fixée à crochets; ou bien



Fig. 1119, 1120. — Faitages.

encore en relevant l'extrémité supérieure des feuilles et en recouvrant d'un faîtage (fig. 1119, 1120).

La couverture en plomb s'emploie plus fréquemment pour les combles peu inclinés et particulièrement les terrasses. Quand on ne peut faire autrement, les feuilles sont soudées les unes aux autres et forment un ensemble complet. Mais dans les contrées où les variations de température sont considérables, il se produit des déformations malgré la précaution qu'on aura pu prendre de poser le plomb à l'époque la plus froide, on n'en aura pendant les chaleurs que des boursouflures plus fortes et alors, si on a affaire à une terrasse, des brisures qui permettent les infiltrations et annulent les excellentes qualités de la couverture en plomb. Il est cependant préférable d'avoir des ondulations plus fortes que des tensions qui produisent des déchirements.

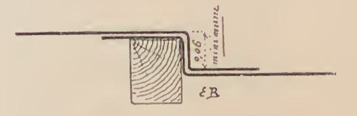


Fig. 1121. — Ressaut.



Fig. 1122, 1123. — Joints en canaux.

Le mieux est d'établir la couverture à ressauts, en donnant aux feuilles une pente extrêmement faible, et en laissant la dilatation se faire librement (fig. 1121). Il est vrai que les différences de niveau et les saillies des bourrelets ne permettent

ture ou de brai interposées entre le bois et le métal ne suffisent même pas pour empêcher cette oxydation, tant le plomb est avide de l'acide contenu dans le chêne. » (Viollet-le-Duc.)

pas toujours d'employer ce moyen pour une terrasse très fréquentée.

Dans le cas où une surface unie est indispensable, on peut employer le système à rigole (fig. 1122, 1123).

COUVERTURE EN FER-BLANC

Ce genre de couverture était, il y a vingt ans, couramment employée dans la partie orientale de l'Europe. Il est difficile de s'imaginer l'effet produit au clair de lune ou au soleil par les dômes et les clochers couverts du métal étamé qui les fait paraître d'argent ou d'or, suivant que c'est la lune ou le soleil couchant qui fait les frais de l'éclairage.

La dimension des feuilles varie avec les provenances. Ce sont ordinairement des carrés de 0,50 de côté environ. On pose le fer-blanc sur le voligeage, il est cloué par le haut, agrafé par ploiement sur les côtés et maintenu en bas par des pattes à crochet préalablement clouées sur le voligeage et rabattues après pour fixer la feuille.

TABLEAU DU POIDS DES FEUILLES

(D'après M. Claudel.)

NOMBRE des feuilles	DIMENSION DES FEUILLES		POIDS BRUT des caisses
	Longueur	Largeur	
			kilogrammes
100	0,435	0,325	48 à 69
100	0,490	0,350	73 à 85
150	0,405	0,310	78 à 103
150	0,325	0,245	28 à 53
200	0,380	0,270	67 à 87
225	0,350	0,260	58 à 88

Ce genre de couverture, peu employé du reste, présente peu de chances de durée ; nous n'en parlons ici que pour compléter autant qu'il est possible notre examen des diverses couvertures.

COUVERTURE EN CUIVRE

Les Romains, et d'autres peuples avant eux, ont employé le bronze coulé pour la couverture de certains édifices. Ils l'uti-

lisaient sous forme de plaques ou de tuiles coulées. Plus tard, les chrétiens se servirent de ces bronzes enlevés aux monuments antiques pour couler de riches portes ou couvrir des églises. Les lames de bronze atteignant 0m,012 d'épaisseur étaient très lourdes et étaient posées en revêtissement sur des coupoles en pierre.

Actuellement, le bronze est complètement abandonné dans les couvertures, nos procédés de laminage ont amené les constructeurs à employer de préférence le cuivre en faible épaisseur; et encore n'est-ce que fort rarement qu'on l'emploie.

Les feuilles varient de 1 à 2 millimètres d'épaisseur; leur longueur, très variable, atteint parfois jusqu'à 2 mètres. Pour remédier aux fissures que présentent souvent les feuilles de cuivre, on étame le métal aux deux faces. Employé à forte épaisseur, le cuivre ne nécessite plus l'étamage; comme pour le plomb, l'oxydation de sa surface forme une patine protectrice très adhérente et insoluble dans l'eau.

On peut procéder pour la couverture en cuivre, au point de

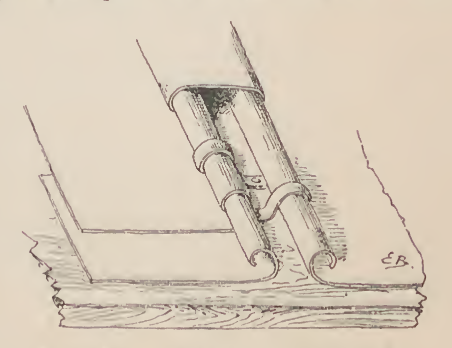


Fig. 1124. — Joint de feuille de cuivre.

vue de la mise en œuvre, absolument comme pour le zinc. Cependant on supprime généralement les tasseaux et les couvre-joints pour les remplacer par des bourrelets reliant les feuilles latéralement par agrafage (fig. 1124).

La densité du cuivre laminé est de 8kg,200.

COUVERTURE EN TOLE ONDULÉE

Les couvertures en tôle ondulée ont été, et sont encore, employées dans les bâtiments des chemins de fer, ateliers, garage, etc., pour les magasins et les maisons à construire dans les pays dépourvus d'industrie. On ne peut nier les avan-

tages que présente la tôle ondulée au point de vue de l'emballage et du transport; les feuilles se placent les unes sur les autres et forment un volume relativement restreint; les accessoires nécessaires présentent les mêmes facilités.

La tôle ondulée, rendue rigide par ses nervures, peut franchir sans appui d'assez grands espaces en portant directement sur les pannes, et supprime ainsi tout le chevronnage qui est à la fois coûteux et lourd. La tôle ondulée peut facilement atteindre $2^{m},50$ en partie droite, et si l'on a affaire à une partie cintrée, franchir jusqu'à 6 mètres de portée en formant à elle seule toute la charpente; il suffit seulement de la choisir à grandes ondes et de lui donner deux points d'appui solides jouant le rôle des culées dans les ponts en arc. Les feuilles sont alors rivées les unes aux autres pour ne former qu'une seule pièce.

La tôle ondulée, pour la garantir de l'oxydation, est galvanisée. Ce mode de protection contre les agents atmosphériques est excellent, au moins quand la couverture est neuve; mais s'il se produit, et c'est inévitable par suite des différences de dilatation du fer et du zinc, des déchirures dans la couche protectrice, le contact des deux métaux fait en quelque sorte pile, et l'oxydation du fer s'active, le métal est rongé, et partout où cet accident se produit, la couverture se perce de petits trous qui s'agrandissent rapidement.

Si l'on pouvait admettre un entretien fait dans de bonnes conditions, c'est-à-dire assez fréquemment vérifié et refait, une simple peinture grasse serait plus efficace, elle présenterait une élasticité que n'a pas le métal et ne demanderait qu'à être renouvelée quand le besoin s'en fait sentir; mais nous n'avons à considérer ici que la tôle galvanisée.



Fig. 1125, 1126. — Ondulations.

Les ondes sont formées d'arc, inférieure au demi-cercle (fig. 1125), on en a fait aussi qui affectaient en section la forme indiquée (fig. 1126).

Nous empruntons à l'album de M. Henri Carpentier le tableau ci-contre, qui donnera une idée des dimensions et poids des feuilles les plus couramment employées.

DIMENSIONS des feuilles avant ondulation	ÉPAISSEUR en 10es de millimètre avant la galvanisation	POIDS APPROXIMATIF des feuilles après galvanisation	ONDES DE $0^m,076$		ONDES DE $0^m,100$		ONDES DE $0^m,109$		ONDES DE $0^m,135$	
			Les dimensions des feuilles deviennent après cette ondulation environ	POIDS approximatif du mètre carré couvert recouvrements compris $0,10 \times 0.06$	Les dimensions des feuilles deviennent après cette ondulation environ	POIDS approximatif du mètre carré couvert, recouvrements compris $0,10 \times 0,05$	Les dimensions des feuilles deviennent après cette ondulation environ	POIDS approximatif du mètre carré couvert, recouvrements compris $0,10 \times 0,04$	Les dimensions des feuilles deviennent après cette ondulation environ	POIDS approximatif du mètre carré couvert, recouvrements compris $0,10 \times 0,07$
		kilog.		kilog.		kilog.		kilog.		kilog.
	4/10	4.50		5.50		5.85		5.35		5.30
	5/10	5.30		6.45		6.85		6.30		6.25
	6/10	6.10		7.45		7.90		7.25		7.15
$1,65 \times 0.65$	7/10	6.90	1.65×0.59	8.40	1.65×0.55	8.95	1.65×0.59	8.20	1.65×0.60	8.40
	8/10	7.70		9.40		10 »		9.20		9.10
	9/10	8.50		10.35		11.05		10.15		10.05
	1^m »	9.30		11.35		12.10		11.05		10.95
	5/10	10.50		6.50		7 »		6.50		6.80
	6/10	12 »		7.45		8 »		7.45		7.80
2.00×1.00	7/10	13.50	$2.00 \times 0,91$	8.40	$2,00 \times 0,82$	9 »	2.00×0.90	8.40	$2.00 \times 0,91$	8.75
	8/10	15.30		9.50		10.20		9.50		9.95
	9/10	17 »		10.55		11.30		10.55		11.05
	1^m »	18.50		11.45		12.35		11.45		12.10

COUVERTURE EN VERRE

Le verre est un corps translucide, aigre, cassant et sonore à la température ordinaire ; il devient mou, ductile, étant chauffé et fond à une température de 400°.

Le verre laisse passer la lumière et la chaleur qui en est la conséquence, mais, par contre, il ne laisse pas passer en sens inverse la chaleur obscure produite par l'échauffement de l'air et des objets qui se trouvent à l'intérieur ; c'est-à-dire que le verre est diathermane à la chaleur rayonnante lumineuse et athermane à la chaleur rayonnante obscure.

Dans l'application du verre à la couverture des combles, si l'on veut conserver suffisamment de fraîcheur pendant l'été, on perd une partie des avantages du verre, on est forcé de tamiser la lumière par des claies ou tout autre moyen empêchant le rayonnement lumineux de traverser le verre. Ces obstacles opposés à la lumière doivent toujours être placés à l'extérieur.

La déperdition de chaleur par les surfaces vitrées est de 2,5 calories par heure. Cette perte par conductibilité varie avec les épaisseurs de verre, celle de 2,5, que nous donnons, correspond au verre 1/2 double qui a de 3 à 4 millimètres d'épaisseur.

Nous avons examiné au chapitre VI, *Vitrerie*, la couverture en verre, nous prions nos lecteurs de vouloir bien s'y reporter pour les détails de pose et mise en œuvre.

TOITURES EN CIMENT VOLCANIQUE

(Système C.-S. HÆUSLER.)

Ce genre de couverture a été inventé par M. Hæusler, en 1838, et a reçu depuis de nombreuses applications. Il convient surtout aux toitures plates ou en terrasse, établies avec une pente de 0,02 à 0,05 par mètre vers l'endroit d'évacuation choisi.

Cette couverture se compose :

1° D'une couche de sable tamisé, très fin, de 3 millimètres d'épaisseur, 6 kilogrammes ;

2° De quatre épaisseurs de papier à joints chevauchés, collées entre elles par les couches de ciment volcanique appliquées chaudes, 5 kilogrammes ;

3° D'une couche de 0,02 de sable fin, de cendres de charbon ou de scories pilées très fines, 30 kilogrammes;

4° D'une couche de gravier de rivière de 0,03 à 0,05 d'épaisseur; légèrement liée avec du sable argileux, 75 kilogrammes;

5° D'une couche de terre végétale d'une épaisseur appropriée à la culture, 0,20 par exemple, si on veut faire un jardin, ou d'une couche de béton si l'on veut établir un dallage céramique ou en ciment, ou enfin de gros sable, 80 à 200 kilogrammes.

Les constructeurs admettent que la charge par mètre carré de la couverture, y compris neige et charges accidentelles, varie suivant les cas de 80 à 200 kilogrammes. Si nous additionnons les chiffres que nous donnons plus haut, nous trouvons 316 kilogrammes auxquels on devra ajouter :

L'eau séjournant dans le sable avant de trouver son écoulement;

La charge de neige;

La surcharge accidentelle.

L'action du vent peut être négligée.

Au total obtenu, il faudra faire intervenir dans les calculs le poids propre du plancher destiné à établir cette couverture, poids qui variera suivant qu'on se décidera pour un plancher hourdé, formé de voûtains de briques ou simplement formé par un parquet suivant que nous l'examinerons plus loin.

On voit, dès à présent, que cette couverture est lourde et oblige à constituer une charpente horizontale d'une assez grande résistance.

Mais, d'autre part, en dehors de l'avantage qu'elle présente pour l'établissement des terrasses et généralement de couvertures plates nécessitées par des raisons d'utilité, de vue ou d'aspect, on doit remarquer que cette couverture ne donne que le minimum du développement de surface (fig. 1127), et que, par conséquent, on peut dire qu'il y a, de ce chef, une importante économie. De plus, il est raisonnable de penser aussi que la suppression du comble compensera amplement le surcroît de matière que réclame la résistance plus grande que nécessitera le plancher portant cette couverture.

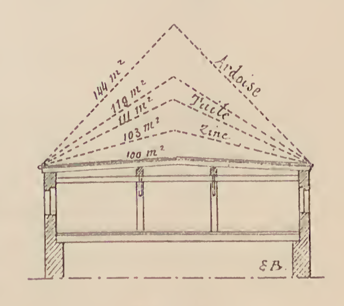


Fig. 1127.

DIFFÉRENTS MODES DE CONSTRUCTION

Aire recevant la couverture. — Pour couverture de hangar ou de toute autre construction qui ne comporte pas de plafonnage, on peut se contenter de donner au solivage la pente nécessaire à l'écoulement des eaux.

Si le plancher est composé de solives en bois, on fixe dessus un parquet en sapin rainé, exempt de nœuds, pouvant se détacher, et aussi régulier d'épaisseur que possible, de façon à n'avoir pas de ressauts et à présenter une surface qui doit être plane et égale sans rebords ni têtes de clous.

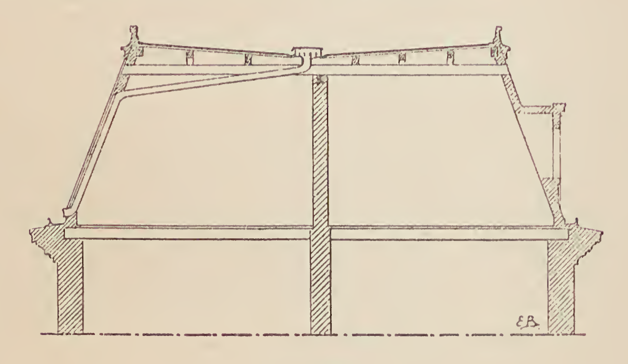


Fig. 1128.

Sur ce parquet, on tamise la première couche de sable fin de 0,03 d'épaisseur, destinée à assurer l'isolement de la couverture, en empêchant toute adhérence, afin qu'en cas de mouvement dans la charpente, la couverture n'en subisse pas les effets.

Si le plancher est en bois ou en fer hourdé, il faut former une aire unie par une mince couche de plâtre ou de ciment. C'est sur cette aire que reposera la couche de sable fin isolant.

Pour couverture de bâtiments devant présenter des plafonds horizontaux, l'ossature du plancher est exécutée horizontalement, et on vient ensuite former un plancher incliné (fig. 1128) ou faire un renformi en mortier ou en plâtre, établi suivant la ou les pentes voulues et formant aire comme dans le cas précédent.

Formes de toitures. — La couverture peut être presque horizontale, comme dans le cas d'un hangar, par exemple (fig. 1129).

On peut récolter les eaux dans une gouttière en zinc ou les laisser tomber directement.

Une autre forme présente deux égouts (fig. 1130). Elle ne se

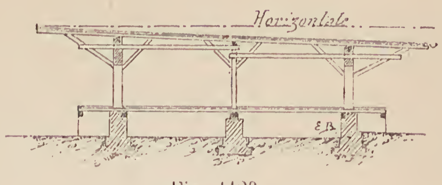


Fig. 1129.

distingue de celle ordinairement employée dans les bâtiments que par l'extrême faiblesse de la pente.

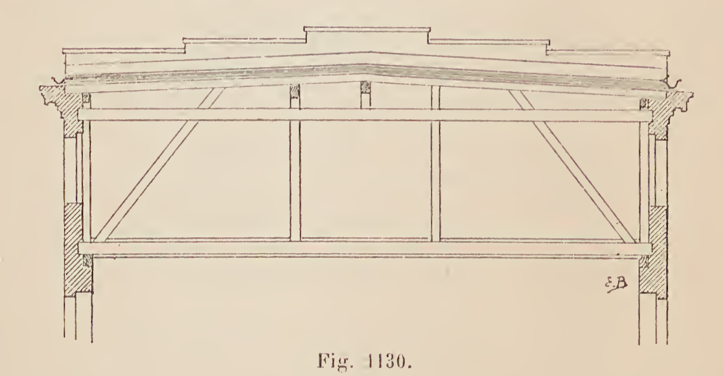


Fig. 1130.

On peut aussi constituer un véritable réservoir (fig. 1131) avec la seule précaution d'établir un trop-plein pour l'évacuation

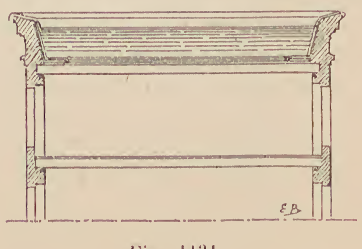


Fig. 1131.

des eaux en excès. Dans ce cas, il n'y a ni sable, ni gravier à mettre sur le papier qui forme directement le fond.

DÉTAILS

Pose du papier, sablage et divers. — On commence par étendre, à l'aide d'un tamis, très régulièrement et uniformément sur l'aire en bois, en plâtre ou en ciment, une couche de sable très fin, très sec, de 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Cette couche joue le rôle d'isolant pour permettre les mouvements de la construction sans que la couverture se trouve intéressée.

Sur la couche de sable fin, on dispose perpendiculairement au chéneau, c'est-à-dire dans le sens de la pente, une première couche de papier, en faisant à chaque lé un recouvrement d'en-

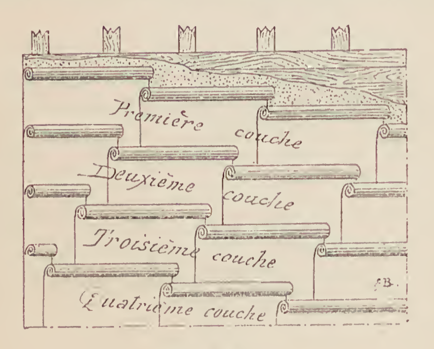


Fig. 1132.

viron 15 centimètres. Ni le revers, ni le recouvrement de cette première couche de papier ne sont enduits de ciment. Contre les murs, les bandeaux ou saillies, on doit avoir soin de relever le papier de quelques centimètres.

Sur ce papier, une équipe, composée de deux aides enduiseurs et d'un ouvrier colleur, applique la couche collante et isolante de ciment volcanique, et procède à la pose de la deuxième couche de papier. Pour mieux lier le tout, on commence par un rouleau ayant seulement une demi-largeur, de sorte que le deuxième rouleau recouvrira en pleine largeur le croisement de la première couche (fig. 1132).

Les deux aides, munis chacun d'une brosse à longs poils souples, fixée obliquement à un long manche, étendent le ciment chaud sur le premier papier en couche mince et régulière de la largeur du papier à placer dessus, pendant que l'ouvrier colleur déroule sur le ciment étendu la deuxième feuille de papier et la presse avec la main pour la coller ainsi à chaud

sur la première feuille, en évitant le moindre pli. Le rouleau suivant est posé contre le précédent, de manière à ce qu'il recouvre celui-ci de 10 à 12 centimètres et ainsi de suite pour les autres rouleaux nécessaires.

A ce moment, le zingueur place les raccords en zinc préalablement préparés se composant de la bande d'égout (fig. 1133), destinée à retenir le gravier et à faciliter l'écoulement des eaux dans le chéneau, ou les cuvettes s'il n'y a pas de chéneau, et des bandes de raccords, bordures de rives contre les murs, cheminées, châssis, etc. (fig. 1134), en les fixant sur la couverture au moyen des petites pointes à têtes plates de 2 à 3 centimètres de longueur.

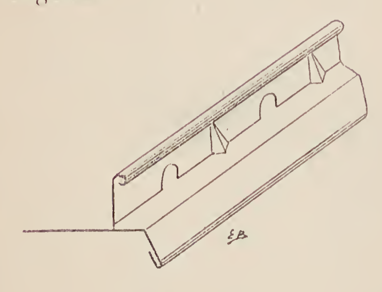


Fig. 1133.

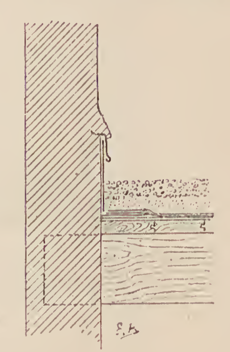


Fig. 1134.

Le travail du zingueur terminé, on applique les troisième et quatrième couches de papier comme il a été dit pour la deuxième.

La composition collante est renfermée dans des tonneaux et s'y trouve à l'état mou mais non liquide; pour l'employer, il faut la faire chauffer jusqu'à liquéfaction, opération qui se fait sur la toiture même au moyen d'un fourneau portatif. Il est indispensable que le ciment soit appliqué à chaud et au fur et à mesure de la pose du papier.

Nous ne connaissons pas la composition du ciment volcanique; c'est, paraît-il, un secret qui échappe même à l'analyse, quoi qu'il en soit, nous pensons qu'on ferait un enduit collant et imperméable en faisant dissoudre à chaud de la résine dans de l'huile de lin.

L'humidité constante entretenue par le sable filtrant employé dans ce genre de couverture, est éminemment propre à parer aux dangers qui résulteraient de la dessiccation.

La quatrième couche étant en place, et enduite comme les précédentes, on la recouvre d'une couche d'environ 2 centi-

souterrains qui pouvaient contenir une grande quantité d'eau et la maintenir à une température relativement basse, condition première de sa conservation.

Une canalisation par le sol, outre l'absorption qui se produit généralement, présentait l'inconvénient de donner des eaux sales, chargées d'argile ou de toute autre matière. On s'avisa donc de récolter les eaux pluviales tombant sur les surfaces des toitures par une canalisation placée directement au bas de l'égout, et amenant les eaux dans les caves maçonnées profondément creusées dans le sol et accessibles par un regard ou tampon placé au-dessus d'une cheminée de puisage.

Les premiers chéneaux furent probablement en bois, composés de deux planches clouées et dont le joint était garni pour assurer l'étanchéité. Plus tard, en terre cuite ou en pierre; les écoulements étaient faits par des gueulards plus ou moins ornés ou par des gargouilles comme dans nos édifices du moyen âge.

Actuellement, on emploie de nombreux systèmes dont nous examinerons brièvement les différents types.

Gouttière. — Généralement de forme demi-ronde, la gouttière se fait en zinc n° 12 ou n° 14, cependant le cuivre et la



Fig. 1136. — Gouttière.



Fig. 1137. — Crochet de gouttière.

tôle galvanisée conviennent aussi, mais sont peu employés à cause du prix de revient qui est beaucoup plus considérable. La gouttière peut se faire de toutes dimensions, mais d'ordinaire, suivant la surface de toiture, on emploie celles de $0^{m},165$, $0^{m},25$ ou $0^{m},325$, qui correspondent aux dimensions commerciales des feuilles de zinc (fig. 1136). La gouttière affectant la forme d'un demi-cylindre est bordée d'un ourlet sur le bord extérieur et est portée par des crochets en fer qu'on place à environ $0^{m},80$, soit à chaque deux espaces de chevrons. Ces supports sont terminés à l'une de leurs extrémités par une queue en pointe qui permet de les fixer solidement sur le chevron ou sur l'arête de l'égout des toits (fig. 1137). On en fait aussi entièrement en fer plat pour être fixés à clous ou à vis, sur bois ou sur chevrons métalliques. Enfin, si l'on veut profiter du crochet pour augmenter l'ornementation et couper la ligne un peu

sèche et monotone de la gouttière, on peut décorer de mille façons différentes la partie vue des supports comme le font voir nos figures numéros 1138, 1139, 1140, 1141.



Fig. 1138, 1139. — Crochets ornés.

La gouttière que nous venons de décrire, employée pour les

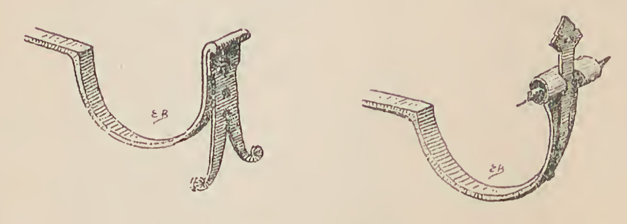


Fig. 1140, 1141. — Crochets ornés.

toitures à grandes saillies, est dite : *gouttière pendante*. La gouttière *en dessus* ou mieux encore le *chéneau à l'anglaise* (fig. 1142), a l'avantage de ne point cacher la corniche et peut au besoin en supprimant le recouvrement, pour le remplacer par une face, présenter l'aspect d'un véritable chéneau.

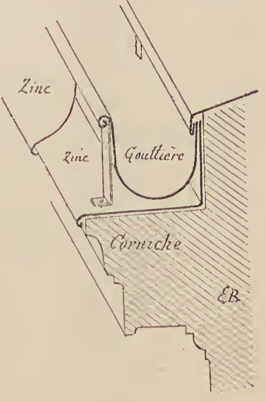


Fig. 1142.
Chéneau à l'anglaise.

Chéneau encaissé. — Avec le plomb ou le zinc comme garniture, on fait d'excellents chéneaux composés de trois planches maintenues par des plates-bandes et des équerres en fer. La forme, pour obtenir la pente d'écoulement vers les descentes, se fait en plâtre ou en bois ; dans ce dernier cas, c'est simplement un parquet en volige posé sur des tasseaux de différentes hauteurs, variant suivant l'inclinaison qu'on veut obtenir (fig. 1143).

Chéneaux en fonte. — Depuis un certain temps déjà on

fait des chéneaux en fonte, de modèles unis ou ornés, et auxquels on donne au moyen de la peinture l'apparence de pierre

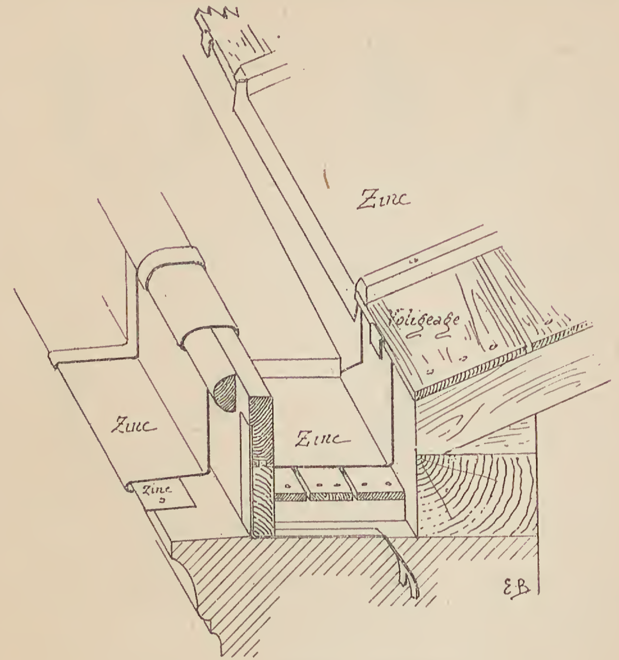


Fig. 1143. — Chéneau encaissé.

ou de tout autre matériau. L'assemblage des joints se fait au

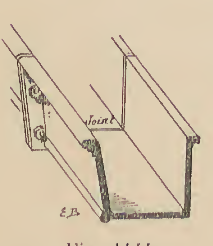


Fig. 1144.
Chéneau en fonte.

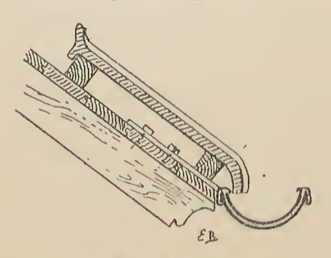


Fig. 1145.
Chéneau-gouttière en fonte.

moyen de cuir huilé, de caoutchouc, et d'un fort serrage à boulons (fig. 1144).

Un des meilleurs types de chéneau en fonte est celui de M. Bigot-Renaux ; sa légèreté relative et la perfection du joint

en font un précieux élément de construction (fig. 1145, 1146, 1147). Ces chéneaux peuvent s'employer pendus, encaissés, ou apparents, et l'inclinaison à donner est presque négligeable.

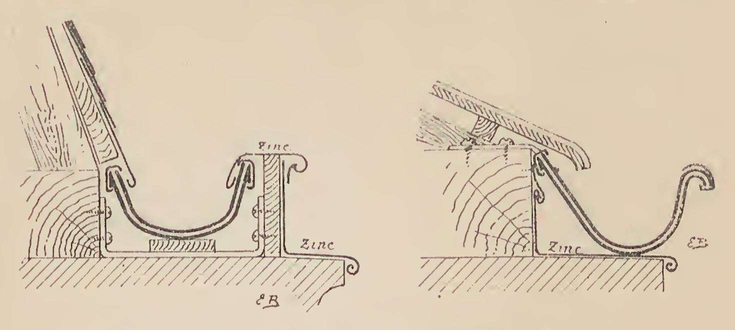


Fig. 1146, 1147. — Chéneaux en fonte (Bigot-Renaux).

Chéneaux en tôle galvanisée. — Ces chéneaux, toujours faits sur commande, peuvent avoir une forme quelconque suivant l'emplacement où ils doivent être utilisés. Le joint se fait par un chevauchement, joint garni et rivé.

Chéneaux en fer. — En construction métallique, on fait souvent les chéneaux composés de trois côtés en tôle assemblés entre eux par des cornières et décorés, s'il y a lieu, de moulures également en fer (fig. 1148).

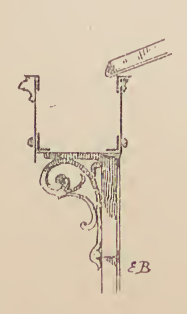


Fig. 1148.
Chéneau en fer.

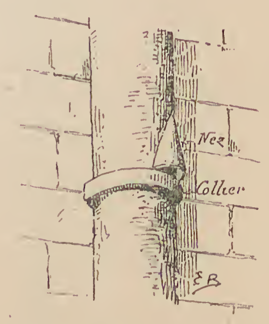


Fig. 1149.
Descente en zinc. — Nez soudé.

Descente. — On nomme ainsi les tuyaux servant à l'écoulement des eaux pluviales et ménagères. Les descentes se font généralement en zinc n° 12 et n° 14, elles ont 0^{m},08 ou 0^{m},11 et plus de diamètre suivant la quantité d'eau dont elles doivent assurer l'écoulement. La section doit être égale à 1,2 centimètre

carré par mètre carré de projection horizontale couverte desservie par le tuyau de descente. Ces tuyaux sont maintenus par des colliers en fer à scellement ou à pattes suivant qu'on doit poser sur maçonnerie ou sur bois. Pour empêcher le glissement qui ne manquerait pas de se produire, on soude sur le tuyau à l'endroit du collier et reposant dessus, un petit butoir en zinc, dit *nez soudé*, et qui en effet affecte la forme d'un nez (fig. 1149). Le zinc est peu propre à résister à un choc, aussi dans la partie inférieure qui est la plus exposée, on



Fig. 1150. — Crapaudine.

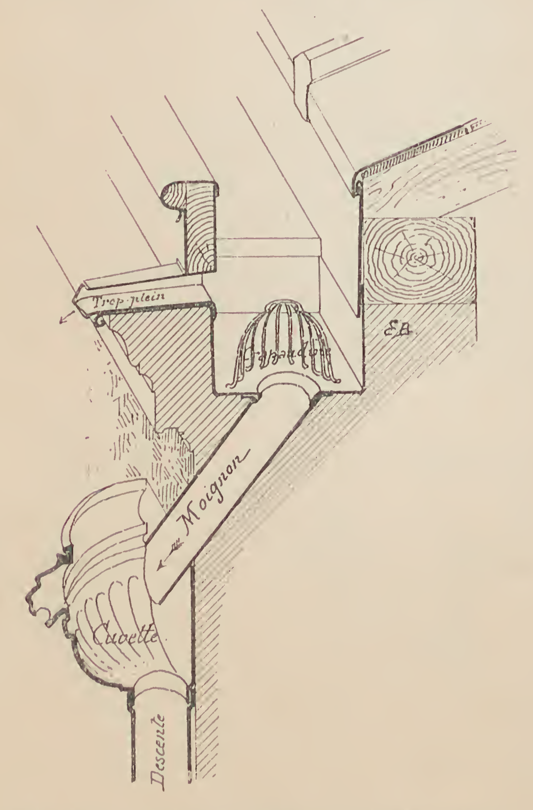


Fig. 1151. — Chéneau, moignon, cuvette, descente.

place un tuyau en fonte unie ou ornée dont l'extrémité inférieure est recourbée et qui prend le nom de *dauphin*, parce

que dans le principe on donnait à cette terminaison de la descente la forme d'une tête de dauphin.

Pour obtenir une descente bien établie on doit toujours à l'orifice de la gouttière mettre une petite grille appelée crapaudine (fig. 1150), et mieux encore, mettre une crapaudine, un moignon et une cuvette avec trop-plein (fig. 1151).

Les tuyaux de descente en fonte se font unis ou ornés, ils s'emboîtent les uns dans les autres et le joint est garni en ciment. Les colliers sont fixés à scellement, ou encore à collier articulé pour permettre la réparation sans desceller (fig. 1152). La cuvette, la crapaudine et le dauphin s'emploient comme dans la descente en zinc.

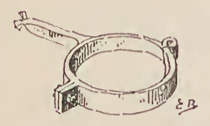


Fig. 1152. — Collier articulé.

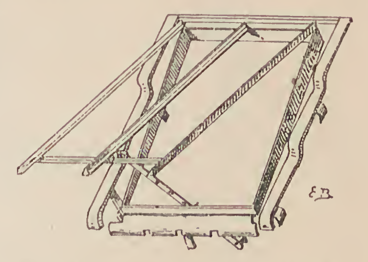


Fig. 1153. — Châssis à tabatière.

Accès. — Pour accéder aux toitures, et parfois même pour éclairer, on emploie des châssis dits châssis à tabatière. Pour la couverture en tuiles ces châssis correspondent à un certain nombre d'unités. On dit alors : un châssis quatre tuiles, un châssis six tuiles (fig. 1153).

QUELQUES DÉTAILS DE COUVERTURE

Solin en plâtre. — Il s'emploie dans le cas où une couverture abrite un bâtiment adossé à un autre. Sur la tuile il présente la section que nous représentons (fig. 1154). Sur le zinc et l'ardoise, il devient simplement une reprise de plâtre faisant saillie et larmier sur le métal (fig. 1155).

Le solin en zinc, s'il est garni en plâtre, devient celui que nous venons de désigner. Mais seul, il est ce qu'on appelle *pistonné*, c'est-à-dire cloué par des pointes très rapprochées et dont la tête doit traverser une rondelle en cuivre ou en plomb (fig. 1156).

Bande de filet. — On appelle ainsi une bande de plomb fixée sous le membron et faisant recouvrement sur l'ardoise (fig. 1157).

Arêtier. — L'arêtier est un angle sortant de la toiture ; il ne diffère du couvre-joint, pour le zinc, que par la dimension. Pour la tuile il est fait de la même manière que le faîtage.

La noue est le contraire de l'arêtier, c'est l'angle rentrant

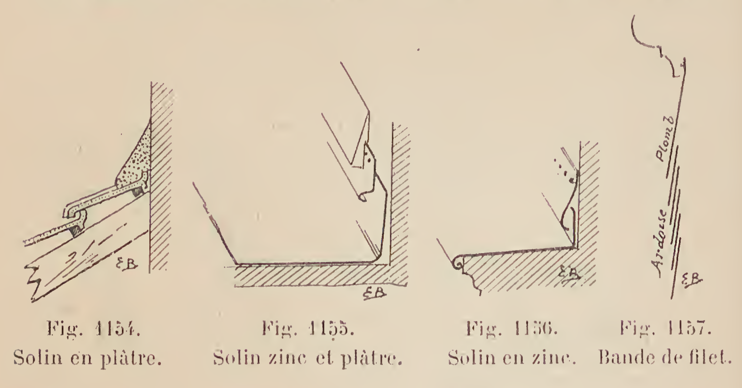


Fig. 1154. Solin en plâtre. — Fig. 1155. Solin zinc et plâtre. — Fig. 1156. Solin en zinc. — Fig. 1157. Bande de filet.

formé par la rencontre des surfaces inclinées des deux combles. Pour couvrir une *noue*, on emploie divers procédés, suivant la nature des matériaux qui forment la couverture.

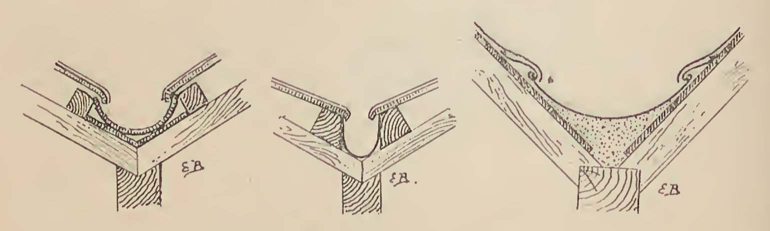


Fig. 1158, 1159, 1160. — Noues

Pour les couvertures en tuiles, les noues sont formées par une série de tuiles creuses (fig. 1158) ; mais dans les couvertures en ardoises, on les fait en plomb. La noue est alors un véritable chéneau incliné formé d'une suite de tables bordées latéralement d'un petit ourlet légèrement aplati et fixées au moyen de pattes engagées dans cet ourlet et clouées sur le voligeage (fig. 1159).

Les noues se font également en zinc et servent alors pour tous les genres de couverture (fig. 1160).

CHAPITRE X

MENUISERIE ET FERRURES

Portes. — Dimensions des différentes portes. — Sens d'ouverture des portes. — Huisseries. — Poteaux de remplissage. — Bâti. — Contre-bâti. — Portes de caves. — Portes pleines. — Portes sous-tenture. — Portes à petits cadres. — Portes à grands cadres. — Portes roulantes, à coulisses. — Portes cochères. — Portes d'écuries. — Portes de remises.

Fenêtres. — Châssis, vasistas. — Fenêtres à un vantail. — Fenêtres à deux vantaux. — Pièces d'appui, en bois, en fonte, en fer. — Détails, montants, traverses. — Impostes. — Divers genres de fenêtres. — A guillotine. — A bascule. — Mezzanines. — Revêtements d'embrasure. — Volets intérieurs. — Caissons.

Volets, persiennes. — Vantaux. — Contrevents, persiennes.

Divers. — Moulures. — Baguettes. — Chambranles. — Cymaises. — Lambris. — Corniches. — Devantures de boutiques. — Panneaux. — Détails. — Plinthes. — Stylobates.

Parquets. — Parquets et planchers. — Bois employés. — Lambourdes. — Parquets à l'anglaise. — Point de Hongrie ou fougère. — A bâtons rompus. — Parquets à joints chevauchés, à compartiments, mosaïque. — Parquets sur bitume. — Précautions à prendre. — Rabotage et replanissage.

Bois de menuiserie.

TREILLAGES ET CONSTRUCTIONS RUSTIQUES

Treillage. — Destination. — Formes. — Treillage à la main. — Treillage à la mécanique. — Piquets et traverses. — Garniture des murs. — Treillages décoratifs.

Constructions rustiques. — Définition. — Applications. — Construction. — Couvertures convenables. — Treilles à l'italienne.

Quand un bâtiment est achevé en tant que gros œuvre, c'est-à-dire que les murs, planchers et couverture sont faits, il est loin d'être fini et surtout d'être habitable. Il reste à faire toute une série de travaux intérieurs parmi lesquels vient en première ligne la menuiserie, qui comprend : les portes, les croi-

sées, les moulures, les lambris, les parquets, et enfin divers accessoires exécutés en bois.

Nous allons, en même temps que la menuiserie, examiner la quincaillerie, ou la ferrure propre à chacun des éléments de construction bois que nous serons amenés à étudier ; il nous paraît pratique de donner ces deux parties du bâtiment ensemble puisqu'elles sont, par destination, appelées à être réunies.

PORTES

Les portes servent à établir ou à interrompre la communication entre deux pièces ou espaces contigus. On divise les portes en deux espèces principales : les portes intérieures et les portes extérieures.

1° Les portes de caves dont la largeur varie de $0^m,80$ à $1^m,00$;
2° Les portes de cuisines ou secondaires dont la largeur varie de $0^m,65$ à $0^m,80$;
3° Les portes intérieures sous tentures dont la largeur varie de $0^m,65$ à $0^m,80$;
4° Les portes de chambre à coucher dont la largeur varie de $0^m,75$ à $0^m,80$;
5° Les mêmes à deux vantaux dont la largeur varie de $1^m,30$ à $1^m,50$;
6° Les portes de salon (à deux vantaux) dont la largeur varie de $1^m,35$ à 2 mètres.

Les portes extérieures sont :

1° Les portes d'écurie dont la largeur varie de $1^m,20$ à $2^m,00$;
2° Les portes de remise dont la largeur varie de $2^m,60$ à $3^m,00$;
3° Les portes cochères dont la largeur varie de $2^m,50$ à $3^m,20$;
4° Les portes charretières qu'on ne saurait faire trop larges ;
5° Les portes d'entrée de maison, à un vantail dont la lergeur varie de $0^m,85$ à $1^m,05$;
6° Les mêmes à deux vantaux dont la largeur varie de $1^m,30$ à $2^m,30$.

Toutes ces dimensions représentent le passage libre entre les montants d'huisseries, la porte étant ouverte.

La hauteur des portes est très variable ; elle est déterminée par la hauteur de l'étage, par la hauteur des linteaux, et tous les cas particuliers qui peuvent se présenter. Nous pouvons cependant établir certaines données générales pouvant permettre de fixer la hauteur.

1° Pour les portes à un vantail, il faut toujours, considérant le minimum de passage, donner une hauteur de 2m,10 à 2m,30.

2° Pour les portes à deux vantaux il ne faut pas descendre au-dessous de 2m,20. Pour ce qui est de la proportion à adopter, on obtient toujours un bon résultat en adoptant l'emploi du procédé suivant : prendre le rapport entre le petit côté et la diagonale d'un rectangle dont les côtés sont dans le rapport de 1 à 2 (fig. 1161).

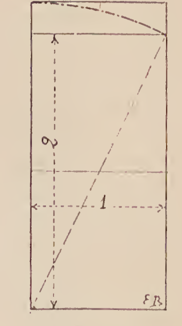


Fig. 1161. Proportions d'une porte

Sens d'ouverture des portes. — Le sens d'ouverture des portes intéresse surtout la quincaillerie et il est indispensable, pour commander les pièces, de bien se rendre compte des expressions « *à droite en tirant : à gauche en tirant ; à droite en poussant ; à gauche en poussant,* que l'on emploie, tant pour les serrures que pour les paumelles, expressions qu'explique très clairement la figure 1162.

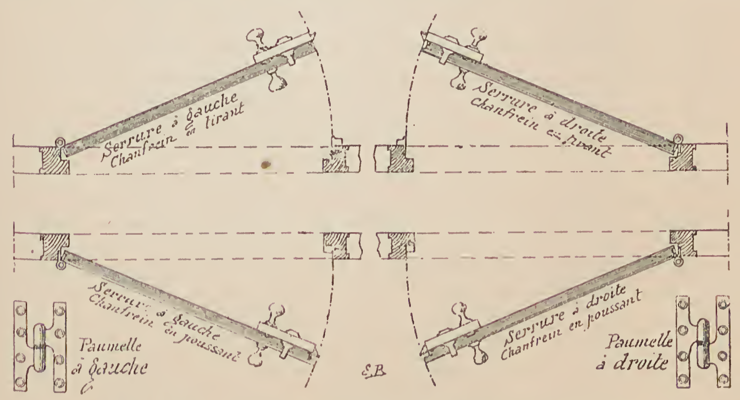


Fig. 1162. — Sens d'ouverture des portes. Ferrures.

Huisseries. — L'huisserie est la réunion des poteaux et du linteau qui forment le bâti dormant d'une baie dans un pan de bois ou dans une cloison légère ; ces bois portent une feuillure dans laquelle se loge la porte. Les poteaux d'huisserie de 0m,08 affleurent l'enduit et ont 0m,08 sur chacun des côtés de leur section (fig. 1163). Les huisseries dans certains cas



Fig. 1163. Montant d'huisserie.

particuliers sont à chapeau (fig. 1164) ou présentent l'aspect indiqué figure 1165. Tous les bois composant les huisseries sont nervés sur une face pour recevoir la cloison en plâtre.

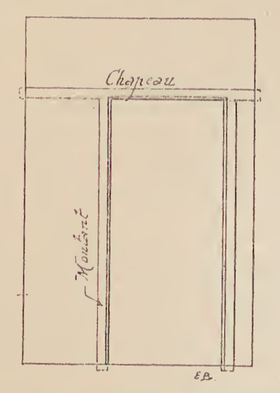


Fig. 1164. — Huisserie à chapeau.

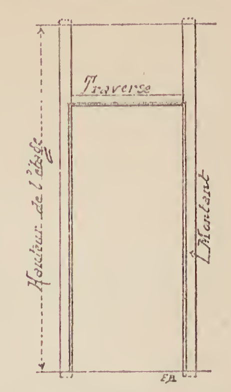


Fig. 1165. — Huisserie ordinaire.

Poteaux de remplissage. — Les poteaux de *remplissage* ou de *cloison* ont ordinairement $0^m,08 \times 0^m,08$ et sont nervés sur deux faces : ils sont placés, scellés haut et bas, dans les cloisons légères ou en carreaux de plâtre et ne doivent pas être plus distants l'un de l'autre de $1^m,50$. Quand la hauteur d'étage dépasse $2^m,90$ il est mieux de mettre les poteaux et les huisseries en bois de $0^m,11$.

Bâti. — C'est une sorte d'huisserie se composant d'un cadre qui vient se sceller dans les feuillures d'une baie, et qui reçoit la porte. Le *contre-bâti* est

Plan

Fig. 1166, 1167.
Bâtis et contre-bâtis.

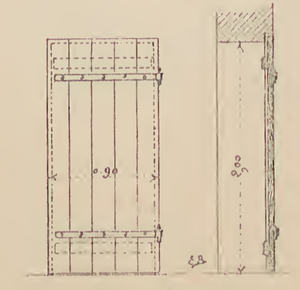


Fig. 1168, 1169.
Porte de cave.

placé de l'autre côté du mur (fig. 1166, 1167.) Le bâti est de dimension proportionnée à la grandeur de la porte.

Les huisseries sont simplement garnies de clous à bateaux : quelquefois cependant on y ajoute des pattes vissées qui viennent s'agrafer dans la cloison. Les bâtis sont ferrés de pattes à chambranle, environ sept pour une porte ordinaire.

Portes de caves. — Les cloisons de cave se font en bois dur, chêne ou hêtre, de 0m,034 millimètres d'épaisseur sur traverses chêne de 0m,08 × 0m,08 posés sur poteaux en chêne également scellés haut et bas. Les portes sont faites de même ; composées de planches espacées de 0m,01 avec au moins deux traverses et une écharpe (fig. 1168, 1169). La ferrure se com-



Fig. 1170, 1171, 1172, 1173. — Pentures.

pose : de deux pentures en fer plat ordinaire (fig. 1170, 1171). Le trou A près du collet reçoit un boulon, les autres reçoivent des vis ; ou à collet élargi (fig 1172, 1173) ; ou enfin, à collet élargi et nœud coudé (fig. 1174, 1175). Les gonds sont de trois sortes : 1° à *scellement* (fig. 1176) ; 2° à *pointe* (fig. 1177) ; 3° à *patte* pour être vissé sur huisserie (fig. 1178). La fermeture se fait souvent au moyen d'un cadenas : dans ce

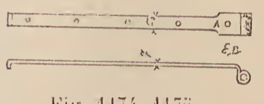
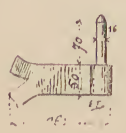
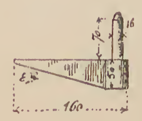


Fig. 1174, 1175.
Penture à nœud coudé.





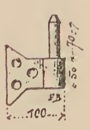


Fig. 1176, 1177, 1178. — Gonds.

cas la ferrure ne comporte qu'un moraillon à patte avec écrous intérieurs (fig. 1179), ou a pointe rivée à l'intérieur (fig. 1180), et un piton à pointe ou à vis. On se sert souvent aussi de la serrure pour fermer les caves ; on prend ordinairement la serrure pène dormant, noire, de 0m,16 à clef bénarde.

Portes pleines. — Les plus simples qu'on puisse établir

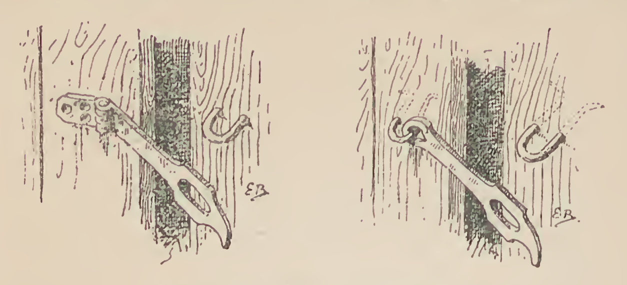


Fig. 1179, 1180. — Moraillons.

sont composées de frises à rainures et languettes avec baguettes sur joints. Ces portes peuvent être simplement assemblées au moyen de pentures doubles moisant les planches et serrées par des boulons ou des rivets passant au milieu de chaque frise (fig. 1181). On fait aussi ces portes avec traverses et écharpes, c'est-à-dire qu'on emploie le même genre de construction que pour les portes de caves.

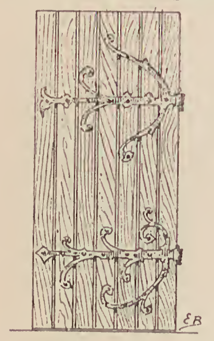


Fig. 1181.
Porte en frises.

Portes sous-tenture. — Ce sont des portes pleines dont une face est absolument unie et disposée pour recevoir la tenture, la peinture et les profils qui figurent sur les parois ; en un mot, c'est une porte dissimulée. Si les deux faces sont unies, la porte est composée de planches assemblées entre elles à rainures et languettes avec clefs et emboîtées haut et bas dans des traverses. Les planches sont ordinairement en sapin et les traverses en chêne. Pour supporter la tenture isolée du bois et permettre à celui-ci de se contracter et de s'étendre, on cloue sur ces portes une toile sur laquelle on vient coller le papier, comme nous l'indiquons en parlant de la tenture.

Portes à petits cadres. — On appelle *petit cadre* la moulure prise dans l'épaisseur même d'un bâti de porte (fig. 1182). Les portes à petits cadres peuvent être vitrées par le haut, pour cuisines, antichambres, etc., dans ce cas, il est toujours prudent de mettre le verre en deux pièces au moyen d'un petit bois en bois ou mieux encore en fer. La porte intérieure ordinaire à petit cadre se fait pour le bâti, en bois de

0m,034 à 0m,041 d'épaisseur, et pour le panneau, de 0m,018 à 0m,022 environ (fig. 1183) ; elle comporte deux ou trois pan-

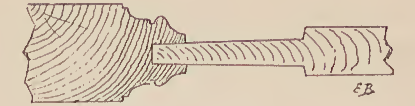


Fig. 1182. — Petit cadre.

neaux, suivant le luxe du travail et la hauteur de la porte ; et



Fig. 1183. — Coupe d'une porte à petit cadre avec huisserie.

vient se loger dans un bâti ou dans une huisserie (fig. 1184,

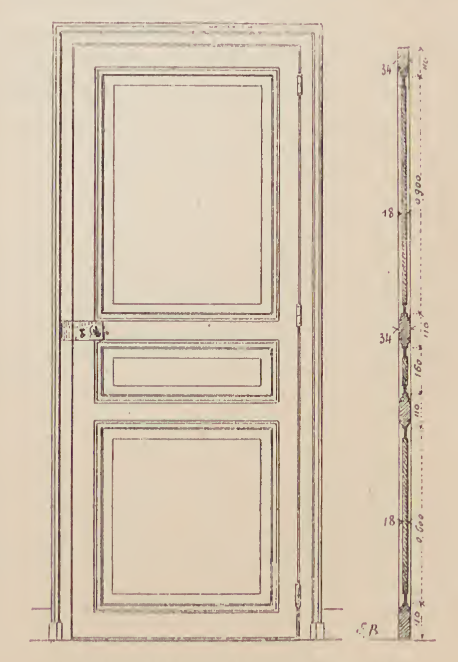


Fig. 1184, 1185. — Porte à petit cadre.

1185). La porte à un vantail est ordinairement ferrée de trois paumelles; les serrures à employer sont : le bec-de-cane; la

serrure à deux pènes, clef bénarde, ou les serrures à gorges

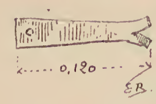
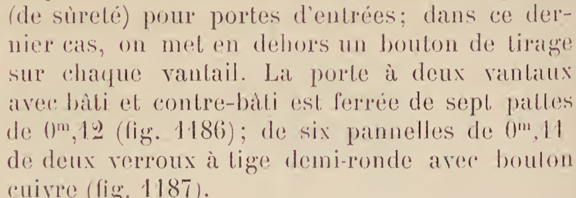


Fig. 1186.
Patte.



(de sûreté) pour portes d'entrées; dans ce dernier cas, on met en dehors un bouton de tirage sur chaque vantail. La porte à deux vantaux avec bâti et contre-bâti est ferrée de sept pattes de 0m,12 (fig. 1186); de six pannelles de 0m,11 de deux verroux à tige demi-ronde avec bouton cuivre (fig. 1187).

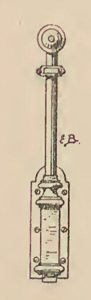


Fig. 1187.
Verrou.

Portes à grands cadres. — Par opposition à petits cadres; ici le cadre fait saillie sur le bâti (fig. 1188). Il y en a une grande diversité de profils, nous en donnerons seulement quelques-uns (fig. 1189, 1190, 1191, 1192). Choisissons pour exemple une porte de vestibule à deux vantaux que nous représenterons moitié vue de l'extérieur et moitié de l'intérieur. Nous la construisons de la manière suivante : bâti dormant 0m,070, bâtis mobiles 0m,049, grands cadres et plates-bandes, panneaux 0m,034, deux parements (c'est-à-dire les deux côtés ouvrés), panneaux supérieurs en fonte ou en fer forgé avec châssis vitrés par derrière (fig. 1193, 1194, 1195).

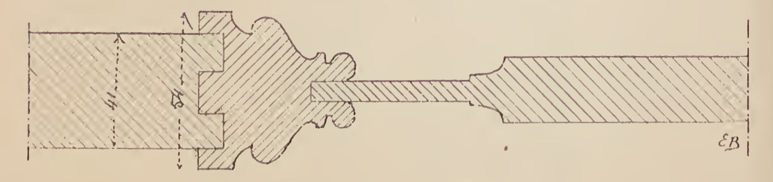


Fig. 1188. — Grand cadre.

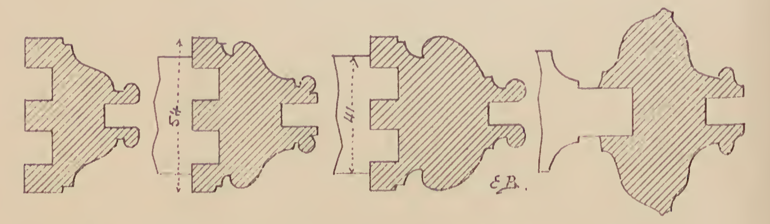


Fig. 1189, 1190, 1191, 1192. — Divers profils de grands cadres.

La ferrure pour cette porte se compose de 7 pattes au bâti de 0m,160 (voir fig. 1186); de 4 équerres doubles de 0m,30 de

branches (fig. 1196), de 6 paumelles à boulets de 0m,27 de branches, entaillées en feuillure et fixées chacune par 12 vis

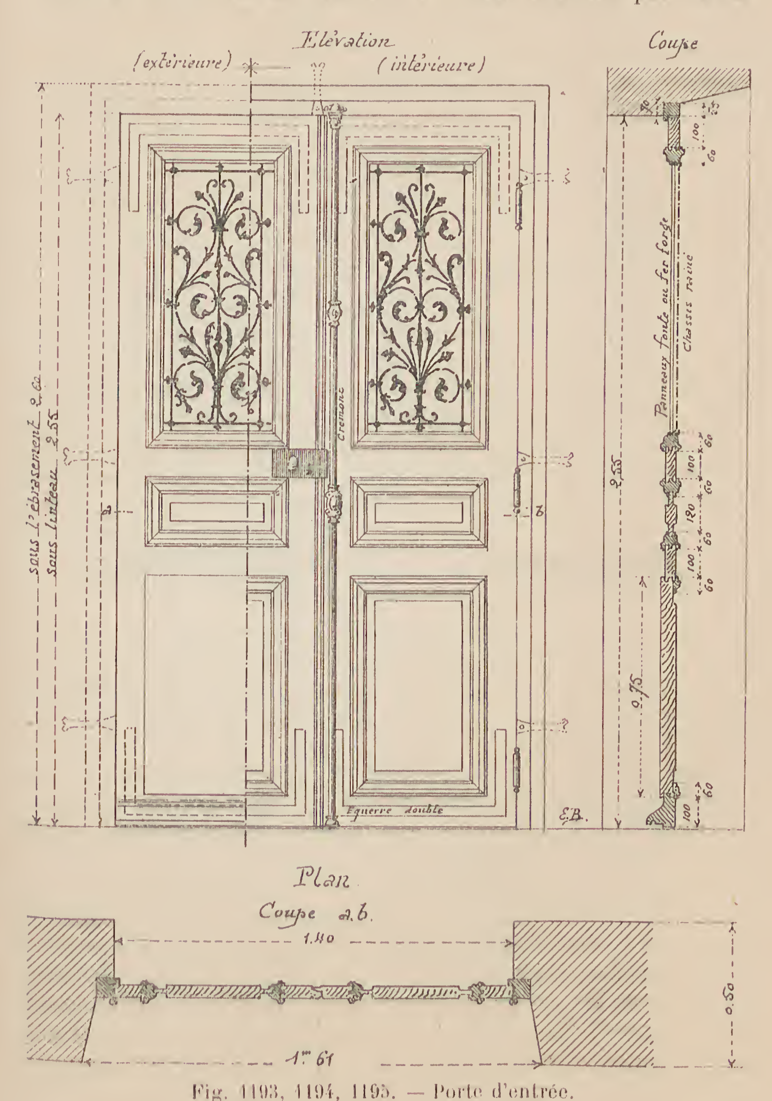


Fig. 1193, 1194, 1195. — Porte d'entrée.

(fig. 1197); d'une crémone à clef de 0m,022 avec gâches et coulisseaux; enfin d'une serrure de sûreté 6 gorges ou d'une serrure à tirage.

Portes roulantes ou à coulisses. — Les pièces étant meublées, occupées par des objets quelconques, les baies se trouvant très rapprochées, les portes ne peuvent pas développer entièrement et deviennent une gêne, occupant inutilement un espace dont il serait précieux de pouvoir disposer. Pour ces raisons, on a imaginé de remplacer le mouvement de rotation des portes par un mouvement glissant ou roulant, et on est arrivé à dissimuler les vantaux en les faisant pénétrer dans une coulisse ou espace laissé libre dans l'épaisseur du mur ou de la cloison (fig. 1198).

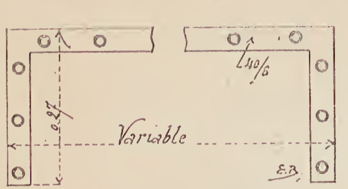


Fig. 1196. — Équerre double.

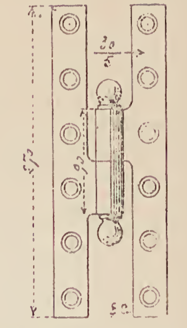

Fig. 1197. — Paumelle.



Fig. 1198. — Coulisses dans une cloison.

Ces portes, au point de vue de la menuiserie, ne diffèrent pas des précédentes, mais sont intéressantes en ce qui concerne la ferrure.

Nous n'hésitons pas à condamner absolument le glissement simple, pratique dans une vitrine et très mauvais pour une porte. Il faut, à notre avis, que la porte soit montée sur galets roulant sur un rail, et que ces galets soient placés en haut ou en bas, selon les deux cas suivants : premièrement, en bas pour les portes coulissantes d'appartements qui ne sont pas soumises à une grande fatigue, seront mises en mouvement avec certaines précautions et enfin seront entretenues avec soins. Pour les portes extérieures qui sont toujours destinées à des hangars, des remises, etc., nous pensons que la porte doit être suspendue, parce que le rail placé au ras du sol dans une cour serait continuellement engorgé et que, menées avec une certaine brusquerie inévitable, les portes dérailleraient et seraient cause de graves accidents.

Pour une porte intérieure, il suffit, par le bas de chaque vantail, de deux petits galets roulants dans un petit rail à gorge ;

et par le haut, d'un guidage dans le genre de celui que donnent nos figures 1199, 1200.

A l'extérieur, pour une porte de magasin par exemple, le rail en fer plat est soutenu par des consoles de distance en distance et la porte est munie à

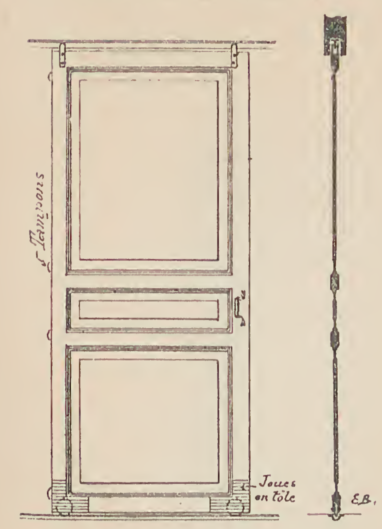


Fig. 1199, 1200. — Porte roulante.

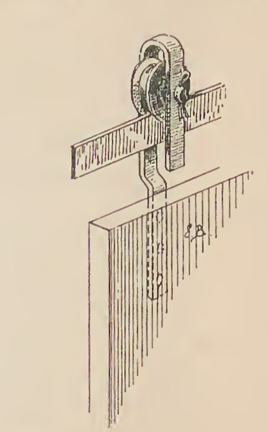


Fig. 1201. — Suspension de porte.

la partie supérieure de chaque vantail de deux forts galets avec une chape dont on a soin de laisser descendre la branche de manière à former parachute dans le cas de déraillement (fig. 1201). On peut conseiller aussi l'emploi de la monture à double roulement Fontaine (fig. 1202).

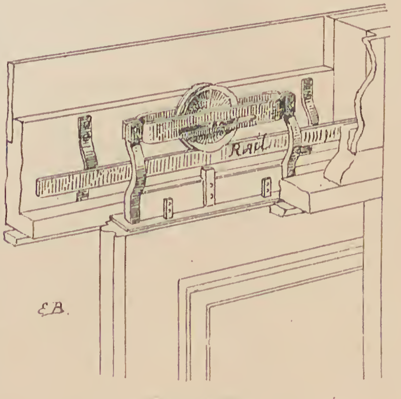


Fig. 1202.

Portes cochères. — Ces portes sont généralement de grandes dimensions ; aussi présentent-elles de grands inconvénients si elles doivent en même temps qu'aux voitures servir au passage des piétons. Lourdes, elles sont difficiles à ouvrir ; grandes, elles laissent passer en grande quantité l'air froid ou la poussière. Pour remédier autant que possible à ces inconvénients, on pratique dans un des vantaux une ouverture plus

petite appelée *guichet*, et qu'on dissimule le mieux qu'on peut à moins que, l'accusant franchement, ce qui, à notre avis, est le mieux, on étudie la porte de manière à lui conserver autant de solidité que peut lui en laisser cette coupure. Le plus souvent le guichet est répété d'aspect dans l'autre vantail, comme dans l'exemple que nous donnons figures 1203, 1204.

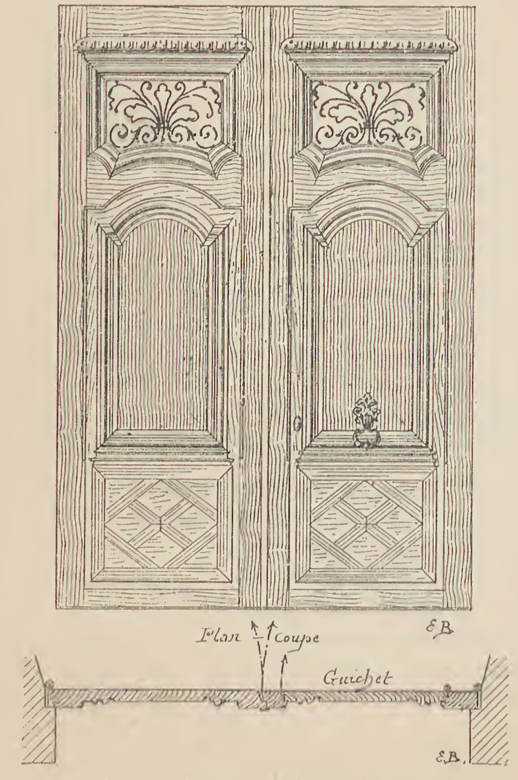


Fig. 1203, 1204. — Porte cochère.

Portes d'écurie. — Nous avons dit plus haut qu'une porte d'écurie ne devait pas avoir moins, en largeur, de $1^{m},20$, de manière à laisser passer librement le cheval sans contact contre les côtés de l'ouverture.

Ces portes se font à un ou deux vantaux; dans le premier cas, on les fait ouvrant en deux parties recoupées horizontalement à $1^{m},30$ de hauteur environ; elles peuvent être construites en frises avec traverses et écharpes, et alors sont ferrées de 9 pattes au bâti de 4 grandes pentures, d'un verrou rendant

les deux parties solidaires et enfin d'une serrure. A deux vantaux, c'est une porte en frises de 0m,027 d'épaisseur dans un bâti de 0m,041 à 0m,050, avec dormant 0m,070; d'ordinaire, on laisse une partie vitrée par le haut.

Portes de remises. — De 2m,50 à 3 mètres d'ouverture, les portes de remises se font à deux vantaux, soit en frises avec

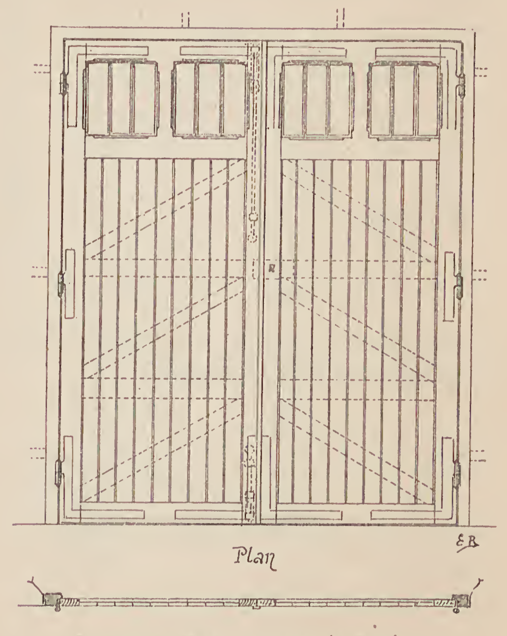


Fig. 1205, 1206. — Porte de remise.

traverses et écharpes, soit par panneaux encadrés dans les bâtis. Nous choisirons pour notre exemple une porte à frises encadrées dans un bâti (fig. 1205, 1206). Le bâti dormant est en chêne de 0m,070; les bâtis mobiles sont en bois de 0m,054 $\times$ 0m,120; le remplissage en frises de chêne de 0m,027 affleurant à l'extérieur et soutenues vers l'intérieur par des traverses faisant la différence entre les frises et le bâti.

La ferrure comprend : 9 pattes au bâti; 8 équerres de 0m,40 $\times$ 0m,50 en fer forgé de 0m,050 $\times$ 0m,009; 6 paumelles de 0m,40 de branches; deux forts verrous ou une crémone de 0m,022 en fer rond. Serrure suivant convenances.

Châssis vasistas. — Ce sont de petites fenêtres de dimen-

sions très restreintes, généralement à un vantail, qui se composent d'un bâti dormant en bois de $0^{m},050$ d'épaisseur, dans lequel vient battre un châssis vitré composé d'un cadre en chêne de $0^{m},034$ d'épaisseur (fig. 1207). Ces petites fenêtres servent ordinairement pour cabinets d'aisances, jours de souffrance, etc. La

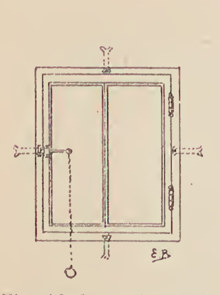




Fig. 1207. — Vasistas.

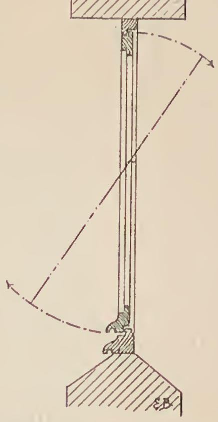


Fig. 1208. — Châssis à soufflet.

ferrure se compose de 4 pattes à scellement au bâti, deux charnières, un loqueteau ou une targette.

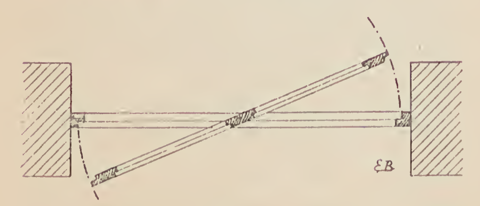


Fig. 1209. — Châssis à pivot.

Pour les petites ouvertures ménagées dans les magasins ou encore pour ateliers, on fait ouvrir à soufflet (fig. 1208), ou à pivot avec contrepoids, comme nous l'indiquons figure 1209.

Fenêtres à un vantail. — Dans les maisons de rapport, les cuisines et certaines autres pièces sont souvent de dimensions exiguës; on emploie alors la fenêtre à un vantail d'environ $1^{m},50$ de hauteur sur $0^{m},50$ à $0^{m},60$ de largeur. La construction de cette fenêtre est la même que celle de la fenêtre à deux vantaux que nous allons voir ci après; la principale différence réside dans la suppression de la gueule de loup, tout le système d'emboîtement est remplacé par une simple feuillure.

Fenêtres à deux vantaux. — La dimension de la baie

est déterminée par le projet, le menuisier vient après que le maçon a terminé prendre ses mesures et remplir en menuiserie l'espace laissé libre. Une fenêtre ou croisée se compose : 1° d'un bâti dormant, encadrement en menuiserie composé de deux montants et de deux traverses, assemblés à l'angle droit ou carrément à tenon et mortaise, et fixé à demeure dans la maçonnerie au moyen de 7 pattes (pour une baie de 1 mètre sur 2 mètres). Sur la face intérieure, le dormant porte une feuillure dans laquelle s'appliquent les vantaux de la croisée.

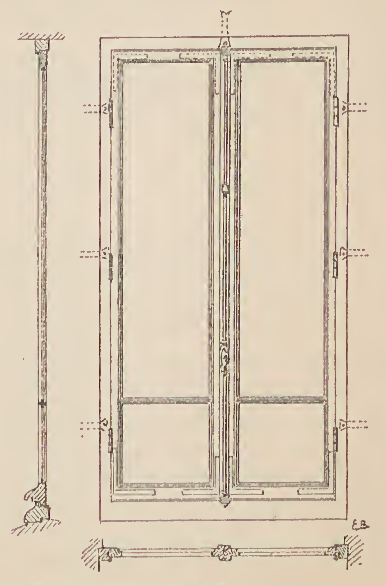


Fig. 1210, 1211, 1212. — Fenêtre.

La traverse inférieure se nomme *pièce d'appui* (fig. 1210, 1211, 1212), elle porte à l'intérieur une feuillure et un petit canal destiné à récolter les eaux de condensation et à les évacuer par un petit conduit allant du canal à l'extérieur et appelé tube de buée (fig. 1213).

Observation. — On fait aussi des pièces d'appui et des seuils pour portes-fenêtres en métal. Le système Guipet est essentiellement pratique, il remplace purement et simplement la pièce d'appui en bois (fig. 1214, 1215, 1216, 1217). Les appuis et les seuils à gorge contre le refoulement de l'eau, opposent un réel obstacle à son introduction dans l'intérieur des appartements; les canaux intérieurs et extérieurs reçoivent les eaux

de pluie et de buée, qui sont ramenées sur la gorge extérieure par les conduits d'écoulement. A chaque extrémité, entre les

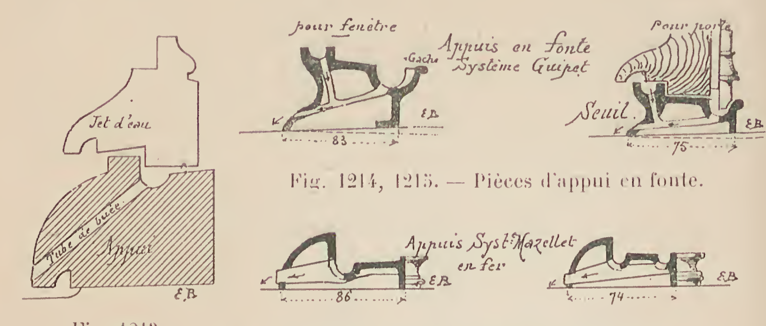


Fig. 1213.
Pièce d'appui en bois.

Fig. 1214, 1215. — Pièces d'appui en fonte.

Fig. 1216, 1217. — Pièces d'appui en fer.

deux canaux, est ménagée une entaille où vient se visser le bâti ou dormant de la fenêtre qui se trouve alors protégé contre toute atteinte d'humidité.

Croisée *(suite)*. — 2° Une croisée comprend aussi : deux vantaux mobiles ou *châssis vitrés*. La traverse inférieure du châssis mobile est appelée *jet d'eau*, sa fonction est de rejeter les eaux en dehors; elle est saillante et curviligne comme la pièce d'appui; mais la feuillure est tournée vers l'extérieur. Cette pièce, pour empêcher l'eau de revenir vers l'intérieur, est creusée en dessous d'un petit canal appelé *larmier* qui est formé d'une face verticale et d'un quart de cercle. L'eau ne peut que par capillarité franchir cet obstacle, mais c'est fort lentement qu'elle opère et alors, s'amassant à l'extrémité du jet d'eau, elle forme goutte et tombe sur la pièce d'appui pour être de là conduite à l'extérieur par l'inclinaison de l'appui de pierre ou la garniture en zinc.

Les deux battants ou châssis mobiles sont fixés au dormant par des fiches à bouton, à vase, etc., ou encore plus fréquemment de fiches Chanteau (fig. 1218). Chacun des châssis vitrés se compose de deux montants et de deux traverses, une en bas et l'autre en haut. Les montants joignant le dormant portent une languette demi-circulaire qui entre dans un petit canal creusé dans le bâti dormant, et également demi-circulaire qu'on est convenu d'appeler *noix*. L'arête interne du dormant et celle du vantail sont creusées en congé d'un rayon égal à celui de la fiche destinée à ferrer la croisée; la traverse

supérieure porte sur sa face extérieure une feuillure; pour la traverse inférieure, elle ressemble beaucoup à la pièce d'appui, mais sa feuillure venant battre dans celle de ladite pièce, se trouve tournée vers l'extérieur, comme le montre la figure d'ensemble.

Les deux montants du milieu ou montants intérieurs des châssis mobiles présentent une section toute particulière; il faut empêcher l'air et la pluie de passer et pénétrer dans l'intérieur des appartements. Les deux battants se joignent ordinairement à *noix* et à *gueule de loup* (fig. 1219).

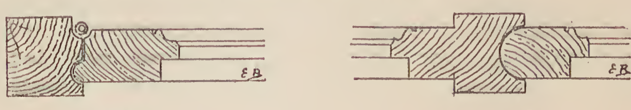


Fig. 1218.
Dormant de croisée.

Fig. 1219.
Montant à noix et à gueule de loup.

Il nous paraîtrait tout naturel d'appeler *noix* la partie demi-circulaire et *gueule de loup* celle qui reçoit la première, mais il n'en est pas ainsi; on donne aux deux pièces le nom de *noix*. Pour nous, nous préférons avoir deux mots à notre disposition; puisque les deux montants sont de formes différentes, nous appellerons *montant à noix* celui qui a une section à partie convexe, et *montant à gueule de loup* celui qui présente une section concave.

Cette disposition est très pratique, mais oblige à ouvrir les deux vantaux en même temps. On peut remédier à cet inconvénient en construisant la fenêtre à battement comme on le ferait pour une porte-fenêtre, et on aurait alors la section que



Fig. 1220. — Battement de croisée. Fig. 1221. — Petit bois.

nous représentons (fig. 1220) qui permet d'ouvrir seulement un vantail.

Les montants et traverses décrits ci-dessus forment deux rectangles qui peuvent être garnis de glaces ou de verre fort; mais plus souvent on préfère employer des verres plus minces en les mettant de plus petites dimensions, et cela, en divisant les rectangles au moyen de barrettes à feuillures appelées *petits bois* et qui présentent la section que nous représentons (fig. 1221).

Dans la maison à loyer où la hauteur d'étage est de $2^m,60$ à $2^m,65$, c'est-à-dire où l'on se tient dans les limites permises, les dimensions ordinaires des fenêtres sont : 1 mètre $\times$ 2 mètres et $1^m,05 \times 2^m,10$, soit la proportion de un à deux; mais dans les autres bâtiments, hôtels ou maisons de rapport de luxe, où les hauteurs d'étages atteignent parfois 5 mètres, on ne peut songer à mettre la largeur des fenêtres proportionnée avec la hauteur; on conserve la largeur suffisante de $1^m,10$ à $1^m,20$ et on donne 3 mètres et même $3^m,50$ de hauteur. Cependant, pour éviter la fatigue qu'ont forcément de grands châssis vitrés, on a parfois recours à la coupure horizontale divisant la menuiserie mobile en deux pièces dont l'une est la fenêtre proprement dite battant sur une traverse, et au-dessus une deuxième fenêtre carrée ou rectangulaire, fixe ou mobile, à laquelle on donne le nom d'*imposte*.

Impostes. — L'imposte peut être absolument semblable à la fenêtre, moins cependant la pièce d'appui qui se trouve remplacée par la traverse. Pour les fenêtres en plein cintre, l'imposte commence un peu au-dessous de la naissance de manière à ce que toutes les lignes courbes embrassent au moins une demi-conférence.

Les *portes-croisées* diffèrent des fenêtres : 1° par les montants du milieu, qui, au lieu de se joindre à noix et gueule-de-loup et de s'ouvrir ensemble, sont à doucine ou à chanfrein (fig. 1220); 2° par la partie inférieure remplaçant l'allège, qui est en bois et qui forme panneau plein.

Divers genres de fenêtres. — 1° Les fenêtres *à petits-*

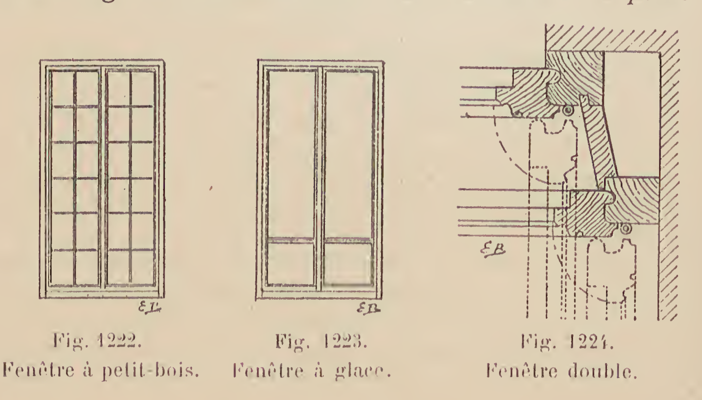


Fig. 1222. Fenêtre à petit-bois.

Fig. 1223. Fenêtre à glace.

Fig. 1224. Fenêtre double.

bois, qui ne demandent que des verres de très petites dimen-

sions, qui conviennent aux ateliers, aux maisons à loyer et aux façades sur courettes (fig. 1222); 2° les *fenêtres à glace*, qui n'ont qu'un petit-bois à hauteur de la barre d'appui. Ce sont les plus usitées sur les façades principales (fig. 1223); 3° les *doubles-fenêtres*, très employées en Allemagne, en Autriche et généralement dans tous les pays froids. Ce sont deux fenêtres ordinaires, mais de dimensions différentes, de manière à permettre à la fenêtre extérieure de développer entièrement dans celle intérieure (fig. 1224); 4° les *fenêtres à coulisses ou à guillotine* s'ouvrent par un mouvement de translation vertical. Ces fenêtres sont encore très employées en Angleterre, en Amérique, dans l'Allemagne du Nord, etc. La fenêtre à guillotine se compose de deux châssis, dont le supérieur est fixe et l'inférieur mobile. Ces châssis sont exactement de même grandeur, de manière à être entièrement recouverts l'un par l'autre quand la fenêtre est ouverte. Le châssis supérieur est fixé sur le bâti dormant. La coulisse se pose directement sur le dormant (et quelquefois même est en partie prise dedans); elle est composée d'une barre de bois qui occupe toute la hauteur de la fenêtre, et porte à la partie supérieure une poulie de petite dimension sur laquelle passe une corde supportant le contrepoids destiné à équilibrer le châssis mobile. On emploie deux contrepoids, auxquels on donne un peu plus de pesanteur que n'en n'a le châssis, de manière à ce que ce dernier se relève presque seul. Pour nous, nous préférons le châssis mobile attelé aux deux montants et les deux cordes amenées à un contrepoids unique; on a un fonctionnement plus certain, moins de chances de coincement, le châssis peut, par suite d'un frottement du contrepoids, s'arrêter, mais il ne se faussera pas, ce qui arrive souvent avec le système à deux contrepoids quand un de ceux-ci vient pour une raison quelconque à buter. Maintenant, il nous reste à dire que ce genre de fenêtre est peu pratique, et peut être dangereux en cas de rupture des cordes; de plus, l'ouverture est forcément réduite à moitié de la baie, et la fermeture est toujours imparfaite; 5° *fenêtres à bascule*. Ces fenêtres opèrent un mouvement de bascule autour d'un axe horizontal (fig. 1208). Le bâti dormant porte à la partie supérieure une feuillure intérieure et à la partie inférieure, au-dessous de l'axe de rotation, une feuillure extérieure. Ces fenêtres, généralement placées à une certaine hauteur, sont fermées par un loqueteau à tirage; mais la fermeture n'est assurée que par deux moyens : soit en donnant une dimension plus grande à la partie inférieure du châssis, soit en y adaptant franchement un contrepoids; on laisse alors le châssis se fermer avec assez de

force pour permettre au loqueteau de pénétrer dans sa gâche; 6° *Mezzanines*. Ce sont de petites fenêtres généralement plus larges que hautes, mais le mot s'applique plutôt à l'architecture proprement dite qu'à la menuiserie.

Revêtements d'embrasures. — Quand les murs ont une épaisseur considérable, la boiserie, composant la fenêtre, se trouve à une certaine distance du nu intérieur du mur et laisse ainsi un tableau contre lequel se développeront les vantaux des fenêtres. Ces deux faces de tableau sont appelées *ébrasement* ou *embrasure*, elles sont taillées perpendiculaires au mur ou suivant un certain biais, ce qui est meilleur, puisque ainsi les

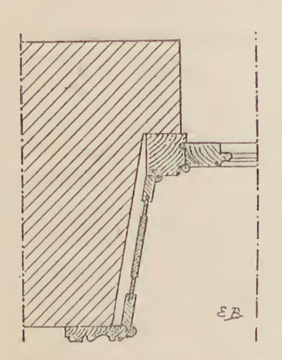


Fig. 1225. — Revêtement d'embrasure.

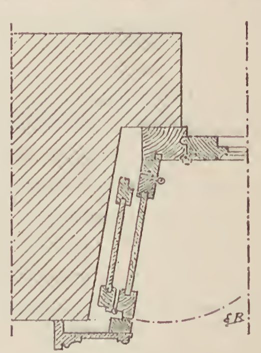


Fig. 1226. — Volets intérieurs.

châssis de fenêtres peuvent développer plus qu'à l'équerre et, par conséquent, assurer à la fenêtre un accès plus facile. L'ébrasement est parfois peint ou même recouvert de papier de tenture semblable à celui employé pour tapisser la pièce; mais parfois aussi on garnit l'embrasure d'un revêtement en menuiserie composé d'un bâti avec panneaux (fig. 1225), et bordé au pourtour de la baie par un encadrement formant chambranle.

Volets intérieurs, caissons. — En élargissant davantage l'embrasure, on obtient la place nécessaire pour loger dans un caisson une série de lames composant les volets de fermeture (fig. 1226). La ferrure de ces volets est composée de charnières à saillie variable pour permettre la mise en paquet et donner toujours la rigidité dans le même sens; la fermeture est assurée par un petit fléau.

Volets. — Les volets sont des vantaux de menuiserie se composant de montants, de traverses et de panneaux; ce sont

pour ainsi dire des portes suspendues sur les façades pour clore les ouvertures (fig. 1227). Les volets se font généralement en bois de 0m,034 d'épaisseur pour le bâti et 0m,027 pour les panneaux; ils se font, étant destinés à l'extérieur, tout en chêne.

Persiennes. — Les persiennes sont des contrevents ou des volets ajourés pour laisser pénétrer, dans une certaine mesure, l'air et la lumière. Elles sont presque toujours à deux vantaux

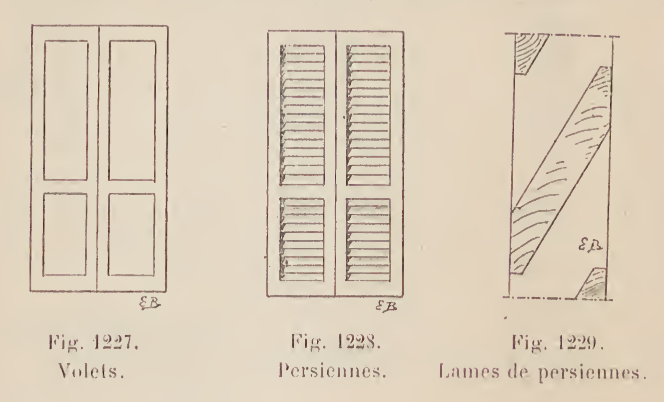


Fig. 1227. Volets.

Fig. 1228. Persiennes.

Fig. 1229. Lames de persiennes.

et développées en dehors; on en fait aussi à plusieurs lames reployées en tableau, mais le paquet formé est considérable et on préfère généralement dans cette disposition employer les persiennes en fer[1].

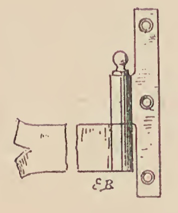
Les deux montants et les traverses qui forment les châssis des persiennes s'assemblent à tenons et mortaises et leur largeur varie de 0m,08 à 0m,11 sur 0m,034 d'épaisseur.

Les lames qui remplissent le vide des châssis sont des bois de 0m,009 à 0m,011 d'épaisseur et dont les deux tranches affleurent les surfaces intérieure et extérieure des vantaux (fig. 1228). Ces lames sont disposées diagonalement en abat-jour, ou sous un angle de 45°; leur distance entre elles est réglée par cette donnée que la partie inférieure d'une lame et la partie supérieure de l'autre doivent se trouver au moins sur la même ligne perpendiculaire à la persienne et qui devient une horizontale lorsque ladite persienne est en place (fig. 1229). Quelquefois on fait mobiles une certaine quantité de lames, soit en faisant un châssis ouvrant dans la persienne, soit en montant à tou-

[1] Voir les persiennes en fer au chapitre *Fermetures*.

rillons un certain nombre de lames, et en les actionnant au moyen d'une tringle attelée sur chacune d'elles.

Les volets et les persiennes sont ferrés ordinairement de 6 paumelles à gond (fig. 1230); de 2 battements à pointe ou à scellement, suivant les cas (fig. 1231, 1232); d'un loqueteau à


Fig. 1230.
Paumelle à gond.

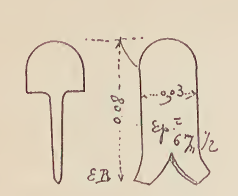
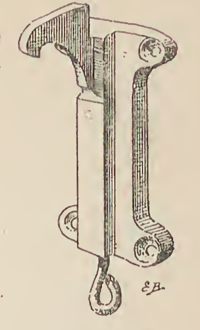
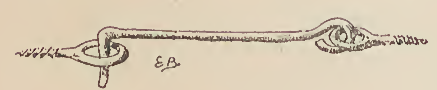
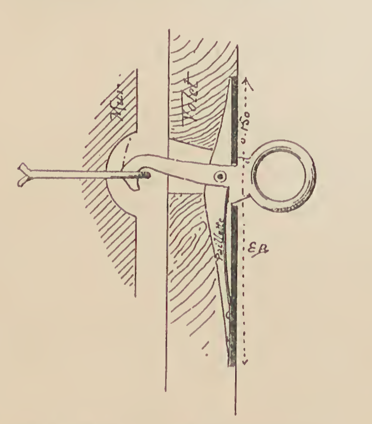


Fig. 1231, 1232.
Battements.


Fig. 1233.
Loqueteau.

pompe (1233); d'un crochet avec piton (fig. 1234); et enfin de 2 arrêts à paillette avec gâche (fig. 1235).


Fig. 1234. — Crochet à piton.


Fig. 1235. — Arrêt à paillette.

Moulures employées en menuiserie. — On emploie en menuiserie toutes les moulures usitées en architecture ; il y a pourtant certains profils ou formes qui sont plus généralement faits en bois ou spécialement appliqués aux travaux en bois. Ce sont ces derniers éléments que nous allons examiner. Jadis toutes ces moulures étaient poussées à la main et représentaient souvent une main-d'œuvre considérable; aujourd'hui c'est la machine qui fait ce travail; une *toupie*, sur laquelle est monté un *couteau* donnant le profil, tourne avec une extrême vitesse, et le bois bien guidé vient présenter à la toupie la face qui doit être profilée.

Baguettes. — On distingue plusieurs sortes de baguettes : la *baguette quart de rond* (fig. 1236), pour garnir les angles ; la *baguette demi-ronde* (fig. 1237), appelée aussi *demi-baguette*, sert de calfeutrement, d'encadrement même, par exemple à une embrasure de fenêtre. Dans les constructions très économiques, on emploie souvent les demi-baguettes pour remplacer



Fig. 1236, 1237, 1238. — Baguettes.

les chambranles ; c'est encore la demi-baguette qui encadre et calfeutre en même temps les petits châssis vitrés, de cabinets, de souffrance, etc. ; la *baguette d'angle* (fig. 1238), ou *trois quarts de rond*, qui est creusée pour s'adapter sur les arêtes des murs et les protéger. Toutes ces baguettes ont de 0m,013 à 0m,020 de diamètre. Elles sont simplement fixées en place par des clous.

Chambranles. — Le chambranle est un encadrement, uni ou plus souvent mouluré, qui entoure les portes d'intérieur et

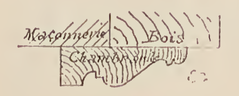


Fig. 1239.
Chambranle. Coupe.

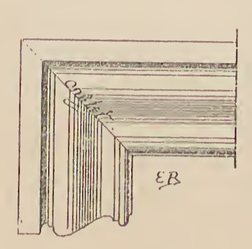


Fig. 1240.
Chambranle. Angle.

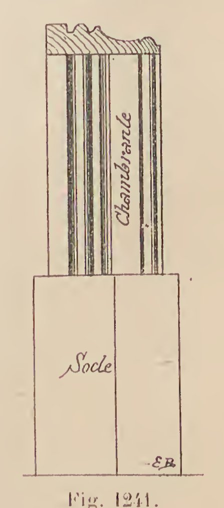


Fig. 1241.
Chambranle et socle.

contre lequel viennent se juxtaposer les tentures ou buter les lambris. C'est, comme on le voit, un sorte de revêtement. Mais sur les portes dans les maisons de rapport le chambranle

devient tout simplement une moulure clouée sur l'huisserie en faisant recouvrement sur le plâtre, de manière à cacher le joint du plâtre avec le bois (fig. 1239). Ces petits profils se font depuis 0m,04 de largeur jusqu'à 0m,15 et plus; ils sont assemblés d'onglet (fig. 1240), et par le bas viennent reposer sur une petite pièce de bois appelée *socle* (fig. 1241).

Cymaises. — La cymaise est une moulure en bois qui sert à couronner un lambris de menuiserie (fig. 1242), ou qui règne sur les murs d'une pièce à une certaine hauteur au-dessus du plancher.

Lambris. — Les lambris, dans beaucoup de constructions

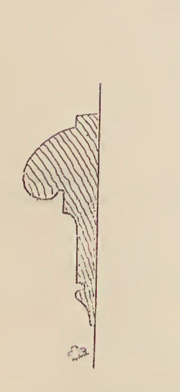


Fig. 1242. — Cymaise.

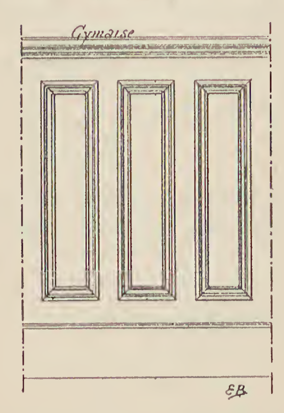


Fig. 1243. — Lambris.

économiques, ne sont que simulés; ils sont obtenus en plaçant entre la cymaise et la plinthe de petits cadres moulurés coupés d'onglet et cloués directement sur le plâtre (fig. 1243). La peinture en décors faux-bois donne l'apparence chêne, noyer ou toute autre essence, au soubassement.

Les lambris proprement dits se divisent en deux espèces principales : les *lambris d'appui* qui ont de 0m,80 à 1m,40 de hauteur, et les *lambris de hauteur* qui garnissent entièrement la muraille entre plancher et plafond.

Les lambris sont souvent employés pour combattre l'humidité des murs; dans ce cas, nous conseillons, dans l'intérêt de la conservation du bois et aussi du but à atteindre, de garnir préalablement le mur avec un carton bitumé cloué ou collé suivant la nature des matériaux composant ledit mur. De plus, le lam-

bris doit toujours être isolé du mur, et être en contact seulement en un certain nombre de points.

Les lambris peuvent être *assemblés* ou *non assemblés*. Non assemblés, ils sont d'une construction très simple : on fixe sur le mur, au moyen de clous, de vis tamponnées, ou de pattes à scellement trois ou quatre traverses (suivant la hauteur du lambris) et on vient fixer dessus des frises ou planches de 0m,06, à 0m,11 de largeur à rainures et languettes avec baguettes sur joint. Ces frises sont fixées sur les traverses au moyen de clous qu'on enfonce au milieu exact de la planche, de

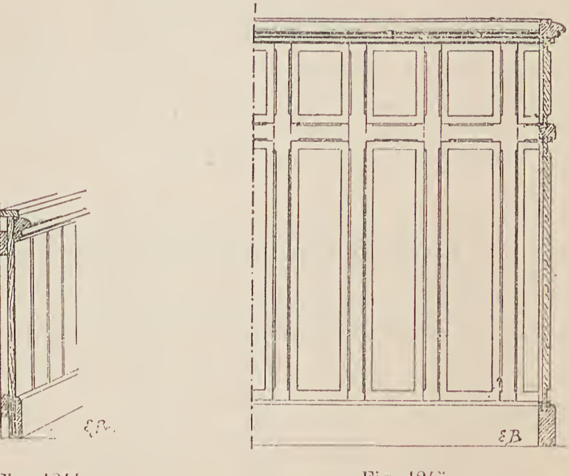


Fig. 1244.
Lambris non assemblé.

Fig. 1245.
Lambris assemblé.

manière que le bois, en se retirant, laisse un jeu égal à droite et à gauche. Sur ces frises on rapporte la plinthe et la cymaise, puis on recouvre cette dernière par une petite tringle plate qui fait recouvrement (fig. 1244). Assemblés, les lambris se composent d'un bâti avec remplissage par des panneaux. Ce travail peut être plus ou moins simple : avec simples chanfreins (fig. 1245), à petits cadres ou à grands cadres, comme les portes que nous avons vues plus haut (fig. 1184).

Corniches en bois. — Dans les intérieurs, on emploie les corniches en bois quand il s'agit d'un travail fait après coup pour éviter les nombreuses réparations qui suivraient forcément la confection d'une corniche en plâtre ; mais elles s'emploient toujours quand les murs sont garnis de lambris.

Voici, à titre d'exemple, quelques profils de corniches (fig. 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252).

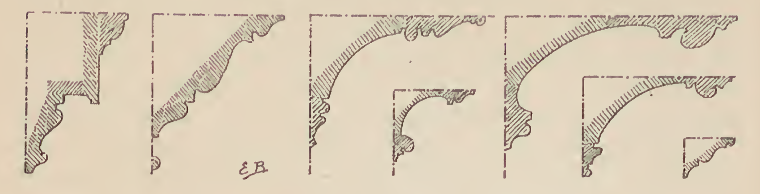


Fig. 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252.
Profils de corniches en bois.

Devantures de boutiques. — Les devantures sont des revêtements en menuiserie qui forment une légère saillie au-devant des boutiques. A Paris, la saillie permise est de $0^m,16$ du nu de la construction au nu des caissons.

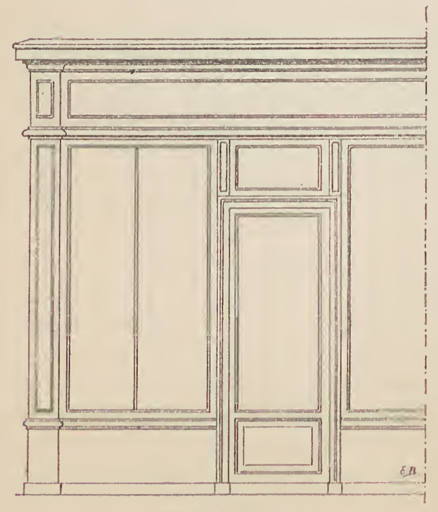


Fig. 1253.
Devanture de boutique.

Une devanture comprend un soubassement, une partie vitrée et un entablement; les deux extrémités latérales sont occupées par les *caissons*, sortes de boîtes dans lesquelles on range les volets mobiles ou à charnières ou qui servent à contenir le mécanisme des fermetures en fer à lames[1] (fig. 1253).

[1] Voir au chapitre *Fermetures*.

La ferrure des devantures de boutique varie avec le système de fermeture employé : pour la fermeture à volets mobiles (qui ne se fait plus), chacun des volets est ferré de deux goujons par le haut qui s'engagent dans des douilles fixées sur la devanture, et par le bas est fixé par un boulon à clavette qui passe au travers d'un trou garni d'une platine, traverse l'épaisseur de la devanture, et est claveté à l'intérieur (fig. 1254). Ensuite

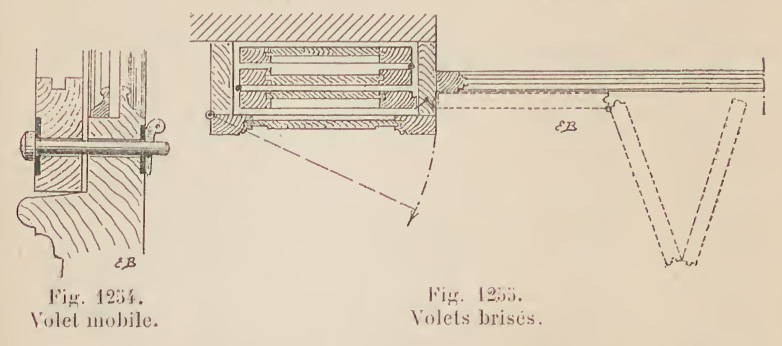


Fig. 1254.
Volet mobile.

Fig. 1255.
Volets brisés.

viennent les volets brisés en feuilles (fig. 1255), qui se replient les unes sur les autres et viennent se caser dans le caisson; développées pour fermer la devanture, ces feuilles sont maintenues en place, par une barre accrochée dans le caisson et clavetée à l'autre extrémité près de la porte, comme dans notre croquis (fig. 1254).

Les caissons sont ferrés à charnières et par une serrure d'armoire; le reste de la de-

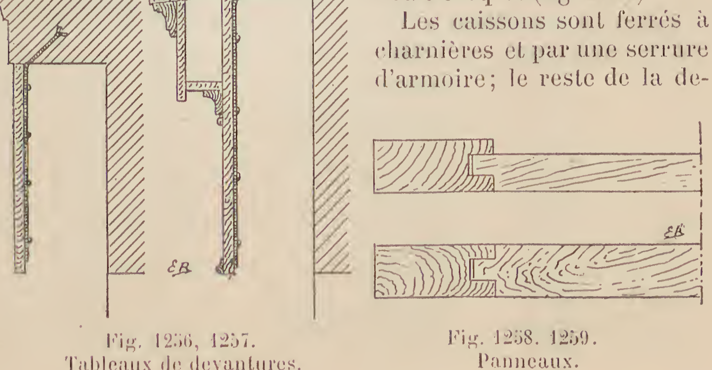


Fig. 1256, 1257.
Tableaux de devantures.

Fig. 1258. 1259.
Panneaux.

vanture est fixé a la façade par des pattes à scellement; la porte, ferrée de paumelles porte un bec-de-cane, Gollot ou analogue, et deux verrous. — La ferrure d'une devanture close par une fermeture en fer est la même avec cette différence

que le tableau qui doit être à sa partie inférieure entièrement libre, pour laisser le passage aux lames ou au rideau, est soutenu et maintenu dans sa forme par des équerres en fer dont nous donnons deux applications (fig. 1256, 1257).

Panneaux. — Les panneaux, destinés à remplir le vide entre les montants et traverses des bâtis, se font : *arasés* sur une ou

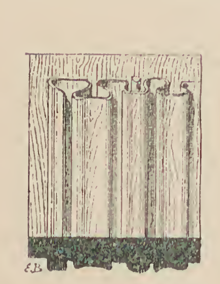


Fig. 1260.
Panneau à glace.



Fig. 1261.
Panneau à plates-bandes.

sur deux faces, c'est-à-dire qu'ils ont une épaisseur moindre ou bien la même épaisseur que le bâti (fig. 1258, 1259), c'est le cas des portes sous-tenture; à *glace*, c'est-à-dire uni sans aucune saillie (fig. 1260); à *plates-bandes*, c'est-à-dire que le panneau, conservant une forte épaisseur au milieu, est réduit à l'épaisseur d'une languette sur une largeur d'environ $0^{m},04$ sur tout son périmètre, ce qui forme une table saillante (fig. 1261); à *parchemins plissés* (dans la pratique, on appelle les parchemins simplement *serviettes*). « Dans la menuiserie, antérieure au xve siècle, nous dit M. Viollet-le-Duc, il était d'usage sou-



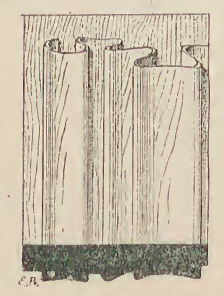




Fig. 1262, 1263, 1264. — Parchemins plissés.

vent, surtout pour les meubles, de revêtir les panneaux de peau d'âne ou de toile collée sur le bois au moyen de colle de fromage ou de peau. Lorsque ces boiseries vieillirent, ces revête-

ments durent quelquefois se décoller en partie des bois déjetés; de là des plis, des bords retournés. Il est à présumer que les menuisiers eurent l'idée de faire de ces accidents un motif d'ornement et un moyen de donner de l'épaisseur aux panneaux, tout en laissant leurs rives et languettes très minces. De là ces panneaux à parchemins plissés si fort en vogue pendant le xve siècle et le commencement du xvie. » (Fig. 1262, 1263, 1264.)

Habilement tracés, ces parchemins donnent l'illusion d'une épaisseur considérable, et, cependant, la plus grande saillie dépasse rarement un centimètre. On voit sur nos croquis que le profil, qui est très camardé à la section, est, au contraire, excessivement exagéré vu de face sur le panneau; c'est cette disproportion ou différence d'échelle qui produit l'illusion de relief dont nous avons parlé.

Divers détails de menuiserie. — Nous examinerons brièvement quelques détails de menuiserie très employés dans le bâtiment.

Plinthes. — La plinthe est une planche mince ordinairement de 0^m,11 de hauteur et 0^m,013 d'épaisseur, mais parfois plus forte que l'on place au pourtour d'une pièce, contre la partie inférieure des lambris ou des murs. La plinthe est unie ou garnie à sa partie supérieure d'un petit profil (fig. 1265, 1266); elle sert à protéger le bas des murailles contre les chocs, et en même temps calfeutrer le parquet.



Fig. 1265, 1266.
Plinthes.

Stylobates. — Les stylobates ne diffèrent des plinthes que par leurs dimensions qui sont plus considérables, 0^m,22 de hauteur et 0^m,013 à 0^m,018 d'épaisseur. Plinthes et stylobates sont simplement cloués sur les murs (ces petits soubassements sont généralement peints dans le ton des marbres des cheminées).

PARQUETS

On appelle parquet un assemblage de pièces de bois de faible épaisseur destiné à servir de revêtement au sol d'une habitation ou d'un édifice quelconque.

Il importe d'arrêter immédiatement la différence entre les mots, *parquet* et *plancher*, que l'on emploie trop souvent en les confondant. Un *parquet* est composé de frises étroites (elles ne dépassent pas $0^m,11$ de largeur) assemblées entre elles à rainure et languette (fig. 1267). Un *plancher* est exécuté en planches simplement posées jointives (fig. 1268) ; ces planches sont toujours d'une grande largeur, d'au moins $0^m,22$, et sont presque

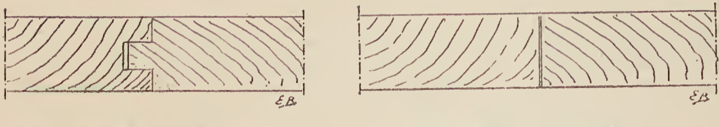


Fig. 1267. — Parquet.

Fig. 1268. — Plancher.

toujours clouées directement sur le solivage en bois, ce genre de revêtement convenant surtout aux greniers et aux constructions très économiques en général; c'est presque toujours le sapin qui est employé.

Les parquets se font en sapin, en pitchpin et en chêne; cependant les autres essences sont aussi employées suivant les ressources des localités et le luxe apporté dans la construction. Ils se font en frises de $0^m,06$ à $0^m,11$ de largeur (de $0^m,06$ à $0^m,07$, ils prennent le nom de parquets en *frisettes*) et $0^m,027$ à $0^m,034$ d'épaisseur, mais dans la généralité des cas, c'est l'épaisseur $0^m,027$ qui est employée.

Suivant la mise en œuvre des frises, les parquets prennent différents noms : les *parquets à l'anglaise*, les *parquets en point de Hongrie* ou *fougère*, les *parquets à bâtons rompus*, les *parquets à joints chevauchés*, enfin les *parquets à compartiments* qui comprennent de nombreuses combinaisons.

Nous examinerons successivement toutes les différentes sortes de parquets nommées ci-dessus et ne nous occuperons pas davantage du revêtement en planches que nous avons

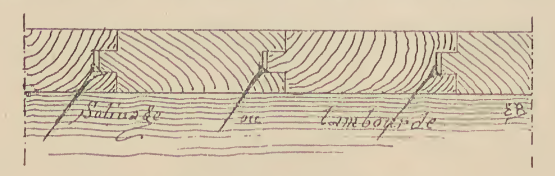


Fig. 1269. — Clouage de frises.

appelé *plancher*. Mais auparavant nous croyons utile de nous occuper de la préparation de l'aire que le parquet doit recouvrir parce que de là dépend souvent la qualité de l'ouvrage.

Dans les constructions économiques, quand le plancher proprement dit est composé de solives en bois, on a soin de poser ces dernières de niveau, de manière à pouvoir clouer directement le parquet sur les solives sans lambourdes, comme le montre la figure 1269.

Lambourdage. — La lambourdage consiste à poser sur les solives des pièces de bois dur sur lesquelles on viendra clouer le parquet. Sur solivage en bois la lambourde est posée, nivelée au moyen de calles et clouée. Sur solivage en fer, la lambourde est hérissée de clous à bateaux, posée de niveau et scellée en plâtras et plâtre sur le hourdis du plancher (fig. 1270). Les lambourdes ont ordinairement 0m,034 × 0m,08.

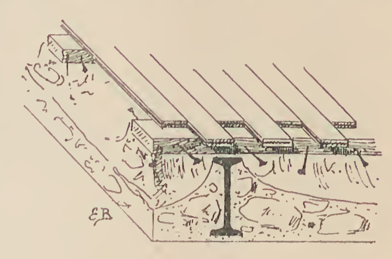


Fig. 1270.
Pose sur lambourdes.

Nous nous adressons ici aux constructeurs et non aux entrepreneurs négligents ou aux tâcherons pressés de terminer le travail et peu soucieux de sa perfection, c'est pourquoi nous nous arrêterons, au risque de nous répéter, sur le scellement des lambourdes.

Le scellement proprement dit, nous l'avons vu précédemment, ce sur quoi nous voulons appeler de nouveau l'attention, est le semis de clous à bateaux : dans un travail mal fait et non surveillé, il est fréquent qu'une lambourde ne porte sur un mètre de longueur que trois ou même deux clous à bateaux négligemment enfoncés et seuls chargés de fixer la lambourde au petit muret de plâtre puisque, comme on sait, le bois en séchant se retire et par conséquent se descelle. Alors, si le clouage du parquet est bien fait, le parquet maintient la lambourde pendant un certain temps, puis si on mouille le bois, tout lève en même temps, et c'est un travail à refaire entièrement.

Nous conseillons donc de larder les clous à bateaux sur les lambourdes en les chevauchant et en les plaçant au plus à 0m,20 de distance et sur chaque face.

Parquets à l'anglaise. — Ce parquet est composé de lames droites de 0m,08 à 0m,11 de largeur clouées sur les lambourdes : ces frises s'assemblent entre elles par rainures et languettes, et

cela, sur les quatre côtés, de manière que le joint tombant entre deux lambourdes soit bien fait et solide avec la frise qui fait suite (fig. 1271). On fait aussi ce parquet avec des frises appareillées de longueur et alors les joints se font sur le milieu des lambourdes (fig. 1270); ce genre de parquet est appelé *coupe de pierre*.

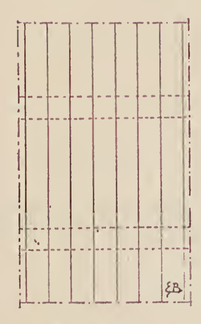


Fig. 1271.
Parquet à l'anglaise.

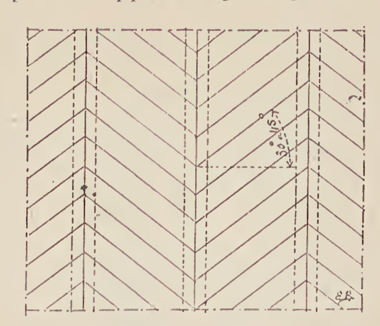


Fig. 1272.
Parquet à point de Hongrie.

Clouage. — Les frises sont fixées sur les lambourdes au moyen de clous passant dans la rainure et lardés dans la lambourde (voir fig. 1269).

Parquets en point de Hongrie ou fougère. — Le parquet en points de Hongrie se fait par travées de largeurs

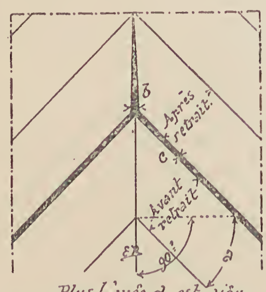


Fig. 1273.
Effet du retrait du bois.

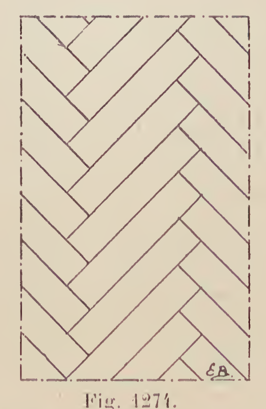


Fig. 1274.
Parquet à bâtons rompus.

quelconques depuis 0m,30 jusqu'à 0m,50 à l'équerre (la mesure dite *à l'équerre* correspond à l'écartement des lambourdes),

par frisettes de $0^m,06$ ou par frises de $0^m,08$ à $0^m,11$ de largeur. L'angle varie de 30 à 45° sur la perpendiculaire à la lambourde (fig. 1272); il y a intérêt à prendre un angle inférieur à 45° à cause du retrait du bois qui se fait d'autant plus sentir que l'angle formé par les frises des travées en contact est plus aigu (fig. 1273).

Parquets à bâtons rompus. — Ce parquet ne diffère de la fougère que par les extrémités des frises qui sont coupées d'équerre (fig. 1274).

Parquets à joints chevauchés. — Cette variété de parquet s'emploie rarement parce qu'elle exige une double coupe et que sa pose demande plus de soins que les autres parquets employés (fig. 1275).

Parquets à compartiments. — On les appelle aussi *parquets sans fin;* ce sont des parquets composés de cadres

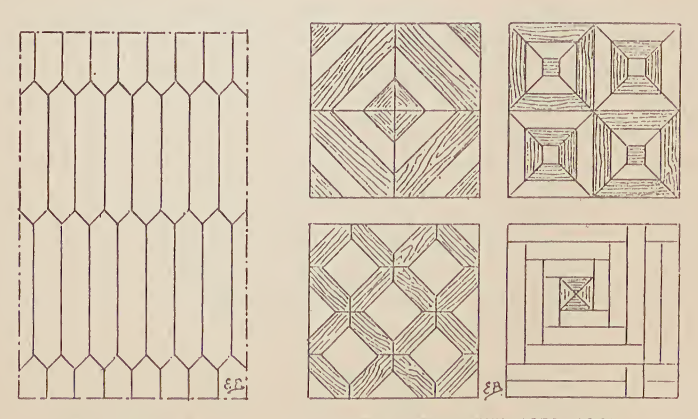


Fig. 1275.
Parquet à joints chevauchés.

Fig. 1276, 1277, 1278, 1279.
Parquets à compartiments.

assemblés à tenons et mortaises et remplis par un jeu de frises disposées suivant un dessin quelconque (fig. 1276, 1277, 1278, 1279).

Parquets mosaïques. — Ces parquets se distinguent par un dessin plus riche et par l'emploi d'essences offrant des couleurs diverses, ou encore des différences de coloration obtenues par le teintage.

Ces parquets décoratifs ne sont pas établis directement sur

BOIS DE MENUISERIE

Mesures courantes du commerce.

	ÉPAISSEUR		LARGEUR		LONGUEUR
CHÊNE FLOTTÉ *dit de Champagne*	Lignes	Millimèt.	Pouces	Centimèt.	
Feuillet.	6	13	9	24	1m,95 à 3m,90
Panneau	9	20	9	24	—
Entrevoux	12	27	9	24	jusqu'à 3m,75
Planche-Échantillon. . .	15	34	9	24	—
— . . .	18	41	8	21	—
— . . .	21	47	8	21	—
Doublette.	24	54	12	32	—
Bastaing	24	54	6	16	—
Petit battant	»	75 à 78	»	23	—
Membrure.	»	36 à 80	6 à 9	16 à 24	—
Madrier.	»	80	»	24	—
Battant de porte cochère.	»	110	»	32	—
Chevrons.	»	80	»	8	—
SAPIN DU NORD					
Feuillet.	»	13	»	22	Toutes longueurs.
Panneau	»	20	»	22	—
Planche.	»	27	»	22	—
—	»	34	»	22	—
—	»	41	»	25	—
Bastaing	»	65	»	16 à 17	—
Chevron	»	80	»	8	—
Madrier rouge ou blanc.	»	80	»	22	—
SAPIN DE LORRAINE					
Feuillet.	»	13	»	32	3m,57
Planche.	»	27	»	32	—
—	»	34	»	32	3m,90
—	»	41	»	32	—
Plats bords.	»	54	»	35	17 m.
—	»	65	»	35	—
Madriers	»	75	»	22	—
Roannaises.	»	80	»	32	16 m.
Rabes	»	90	»	32	3m,60
Patouilles	»	14 à 20	»	32	5m,50
—	»	—	»	32	7m,80
PEUPLIER OU GRISARD					
Feuillet.	»	13	»	19 à 25	5
Voliges de Champagne .	»	13	»	16 à 25	»
Voliges de Bourgogne. .	»	24	»	14 à 16	»
Planches	»	30	»	22 à 27	»
Quartelets	»	60	»	22 à 25	»
PITCHPIN					
Plateaux	»	100 à 120	»	26 à 65	Toutes longueurs.
Poutres de 0m,26 à 0m,56 équarrissage.					

Parquet de chêne de 0,025 d'épaisseur. 23k environ. } le mètre superficiel.
— sapin 0,025 — 17 — }

TREILLAGES ET CONSTRUCTIONS RUSTIQUES

Treillage. — Le treillage a plusieurs destinations, il est employé comme clôture, comme store pour couper une vue trop désagréable ou enfin comme décoration.

Employé comme clôture, il peut affecter la forme de palissade. Il est alors construit de rondins refendus, pour montants et traverses, cloués ou attachés et peints au goudron de Norvège.

Dans nombre de localités, la clôture obligatoire, qui est de 2m,60 pour les villes au-dessous de 50.000 âmes et 3m,20 pour celles au-dessus, est remplacée par un simple treillage dont la hauteur varie de 1 mètre à 1m,50. Le treillage est droit ou losangé (fig. 1283, 1284), et formé de lattes d'environ 0m,03 sur

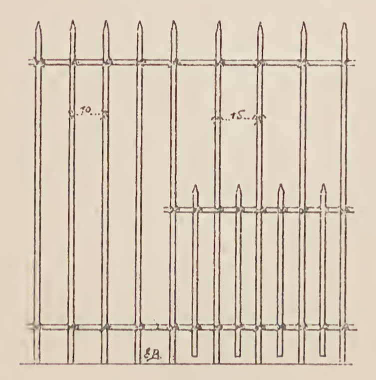


Fig. 1283. — Treillage droit.

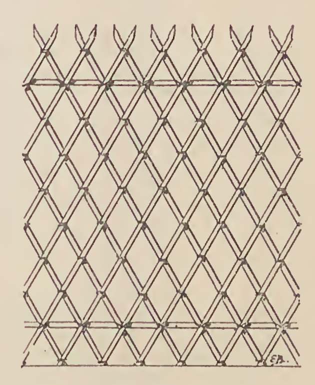


Fig. 1284. — Treillage losangé.

0m,008 d'épaisseur; parfois, quand l'écartement des montants atteint 0m,15, on redouble dans la partie inférieure pour empêcher le passage des animaux, notamment les chiens. Ces treillages sont posés, attachés de fil de fer ou cloués sur des piquets ou pieux; soit, simplement enfoncés au merlin dans le sol s'il est compact, soit scellés au plâtre ou au mortier dans un massif si le sol est peu résistant (fig. 1285, 1286).

On fait aussi du treillage dit mécanique, composé de montants ou lattes en bois et reliés par deux fils de fer qui, tordus, les maintiennent à un écartement convenable. Ce genre de treillage présente cette commodité de pouvoir être roulé, ce qui est un avantage pour le transport. Il se pose comme les autres

sur piquets, mais on est obligé d'y adjoindre au moins deux traverses, une en haut et une en bas, pour lui donner une certaine rigidité qui, sans cette précaution, lui ferait complètement défaut.

Fig. 1285, 1286.
Piquets.

Sur les murs lisses ou grossiers, préalablement peints en vert d'eau, on pose fréquemment des treillages peints en vert. Formés en carrés ou en losanges, ils sont cloués sur les murs et facilitent l'accrochage des plantes grimpantes.

Souvent dans deux propriétés séparées par un mur de clôture mitoyen, les cours se trouvent avoir vue l'une sur l'autre ; il se trouve parfois que cette vue directe présente des inconvénients, et on veut alors, sans perdre entièrement le bénéfice de la lumière, comme le ferait un mur, empêcher ou tout au moins rendre plus difficile la vision pouvant présenter des désagréments. On a alors recours au treillage supporté dans le cas de grandes dimensions par une armature en fer dont la force est déterminée par la hauteur et la largeur de la partie qu'il s'agit de clore (fig. 1287).

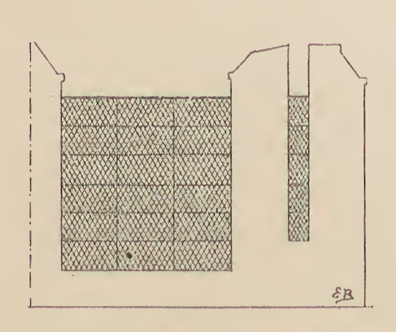


Fig. 1287. — Treillage d'isolement.

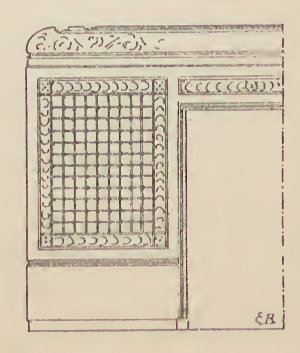
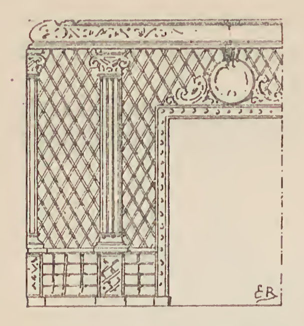


Fig. 1288. — Treillage décoratif.

Le treillage décoratif s'emploie à l'intérieur et à l'extérieur pour décoration de parois, de grandes surfaces unies, les bois sont rabotés ou bruts (fig. 1288, 1289). On fait aussi des perspectives dans lesquelles le fond est souvent rehaussé par une peinture ajoutant au trompe-l'œil (fig. 1290).

Les treillages de luxe se font en bois demi-rond et en demi-bambou, ils affectent alors les formes usitées dans les constructions chinoises et japonaises.



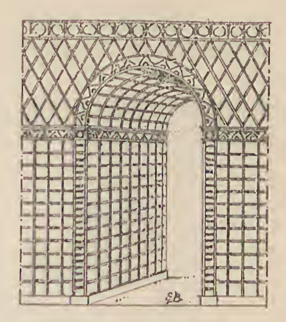


Fig. 1289, 1290. — Treillages décoratifs.

Constructions rustiques. — Il semble que, d'après leur nom les constructions rustiques devraient absolument être classées en dehors des choses d'art. Il n'en est rien, le simple, le grossier si l'on veut, peut faire sa partie dans le grand concert harmonique qu'est une habitation vaste et bien comprise. Certains raffinements ne conviennent qu'à certains endroits et on nous accordera qu'un abri point-de-vue peut et doit être construit et décoré autrement qu'un boudoir.

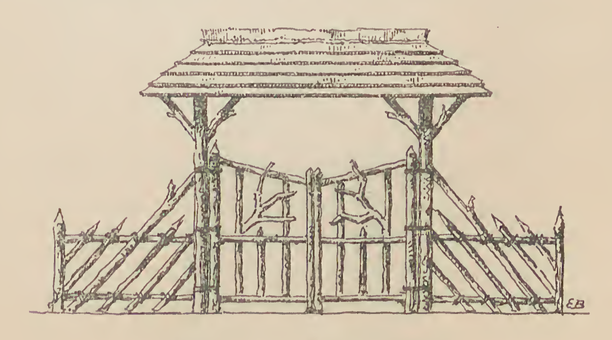


Fig. 1291. — Porte rustique.

La construction rustique est un retour vers les premiers âges, souvent un abri muni de tout le confort désirable, mais dont la forme et les éléments qui le constituent s'harmonisent bien avec le milieu où il est placé, avec la nature. Par la sim-

plicité des lignes, par la grossièreté des matériaux, on retourne aux constructions primitives, l'habitant seul s'est policé.

On emploie souvent ce genre de construction pour entrées de parc (fig. 1291) ; le bois est en grume, c'est-à-dire que l'écorce n'a pas été enlevée. Les rondins, assemblés d'ailleurs suivant les règles de la bonne charpenterie, sont entaillés et chevillés.

On fait aussi des ponts (fig. 1292). De grosses pièces de bois forment les longrines, le tablier est fait de rondins juxtaposés



Fig. 1292. — Pont rustique.

ou de bois de sciage, madriers ou bastings, suivant la force demandée ; les garde-fous sont faits de branchages enchevêtrés couronnés par une lisse en bois semblable et rugueux formant une main-courante dont le poli laisse beaucoup à désirer, mais dont l'aspect est très heureux et surtout très rustique.

Des belvédères, des kiosques, des abris quelconques sont



Fig. 1293. — Kiosque rustique.

aussi faits de façon rustique. Suivant que l'on veut faire un plan, un cercle, un hexagone ou un octogone, on fiche en terre des pieux ou perches en grume — généralement du chêne, ou

tout au moins un bois dur et peu putrescible sur lesquels on assemble des traverses en même bois. Le remplissage peut être fait en branchages ou en treillage. Les plantes grimpantes se chargent de compléter la décoration.



Fig. 1294.
Abri rustique.

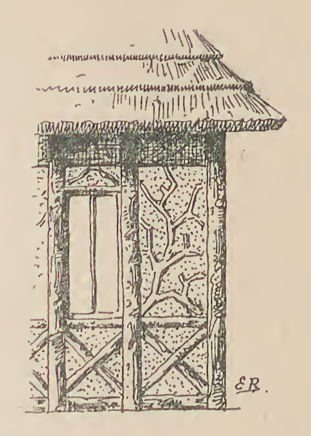


Fig. 1295.
Rustique et maçonnerie.

Nous ne croyons pas pouvoir mieux définir ce genre de constructions qu'en donnant des exemples dessinés et nous pensons que nos figures 1293, 1294, 1295 doivent suppléer à une longue explication écrite.

La couverture des édicules rustiques est ordinairement le chaume dont nous donnons la description dans notre article *Couverture*, mais on peut aussi employer la vieille tuile plate de Bourgogne, la tuile vernissée, émaillée, etc. ; en un mot, tout ce qui peut s'harmoniser avec ce genre de construction qui, en architecture, n'est qu'une fantaisie, un appoint pittoresque ajouté à un ensemble ; pour le pauvre, c'est l'habitation qui est construite ainsi, pour le riche, c'est un abri provisoire, une sorte de meuble de caractère qui doit occuper et donner une physionomie particulière au milieu où on l'édifie.

Treille à l'italienne. — Dans notre pays, la treille à l'italienne n'est qu'une imitation. Autant ce genre de construction convient aux pays ensoleillés et où la pluie est rare, autant il est d'un goût douteux et est purement imitatif dans nos régions du nord ; cela ressemble beaucoup aux imitations de monuments romains qu'on se plaît à faire en Allemagne, où, on doit nous l'accorder, le climat est différent, et par conséquent les

formes architectoniques devraient être, et heureusement pour le bon sens le sont parfois, différentes.

La treille la plus simple consiste en montants verticaux en bois assez espacés sur lesquels reposent des traverses. Sur ces traverses est posé un chevronnage horizontal et, suivant les plantes qu'on emploie pour garnir, on réunit ces chevrons par des fils de fer qui se trouvent perdus dans la végétation et la soutiennent.

CHAPITRE XI

ESCALIERS, GÉNÉRALITÉS

Escalier en général. — Définition. — Conditions générales.

Principaux éléments. — Giron. — Marche. — Contremarche. — Emmarchement. — Echappée. — Cage. — Volée. — Paliers. — Jour. — Balancement, procédés divers.

Différents genres d'escaliers. — Plan incliné. — Echelle. — Échelle de meunier. — Échelle de corde. — Escalier à rampe droite. — Escalier rompu en paliers. — Escaliers tournants. — Tracé. — Noyaux pleins. — Noyaux creux. — Escaliers mixtes. — Escaliers en fer à cheval. — Diverses formes. — Escaliers extérieurs. — Rampes.

MONTE-PLATS, MONTE-CHARGES, ASCENSEURS

Monte-plats. — Emplacement. — Dimensions.

Monte-charges. — Dimensions. — Manœuvres diverses.

Ascenseurs. — Divers systèmes. — Ascenseurs Edoux. — Ascenseurs Samain. — Ascenseurs Backman. — Ascenseurs Otis. — Ascenseurs pour voitures.

FERMETURES EN FER POUR FENÊTRE

Persiennes. — Avantages. — Place occupée. — En fer et bois. — Tout fer. — A lames mobiles.

MENUISERIE MÉTALLIQUE

Essai de substitution du fer au bois. — État actuel de la menuiserie métallique — Profils de fers employés.

FERMETURES DE MAGASINS

Fermetures diverses. — En bois. — Volets mobiles. — Volets brisés. — Barres. — Boulons. — Caissons. — Fermetures en fer. — Fermetures à lames. — Système Maillard, à vis. — Système à chaîne. — Système Chédeville, à contrepoids. — Description. — Système Jomain. — Système Lazon. — Système Blache. — Fermetures en acier ondulé. — Description. — Montage et pose. — Mesurage.

RIDEAUX DE THÉATRE

Divers systèmes. — Rideau à maille ordinaire. — Rideau à triple maille. — Rideau à encadrement. — Rideau plein. — Observations.

ESCALIERS, GÉNÉRALITÉS

La construction des escaliers, de nos jours, fait aussi bien partie de la construction métallique que de la charpente en bois ou de la maçonnerie. Nous prendrons donc le parti d'étudier spécialement ici l'*escalier en général*, quant à ses exigences et à ses dispositions, nous réservant d'étudier dans chacun des chapitres spéciaux, maçonnerie, charpente et serrurerie, les modes spéciaux de construction imposés par les différents matériaux employés.

Définition. — On donne le nom d'*escaliers* à des constructions composées de plans horizontaux, formant des degrés élevés les uns à la suite des autres et sur lesquels on pose le pied, en montant et en descendant, pour communiquer aux différents étages d'un bâtiment. Les degrés composant les escaliers sont appelés *marches*.

Conditions générales. — D'une manière générale, il faut observer dans la construction des escaliers les principes suivants :

1° Ils ne doivent pas séparer des pièces dépendantes les unes des autres ;

2° Ils doivent être placés près de la porte d'entrée de la maison ;

3° Ils doivent être facilement vus de l'entrée ;

4° Il faut placer la première marche directement à portée et éviter qu'on ait à tourner autour de l'escalier pour y arriver ;

5° La largeur de l'escalier doit être en rapport avec le service auquel il est destiné ;

6° Les escaliers des différents étages doivent s'établir à la suite les uns des autres[1] ;

[1] Dans certains cas pourtant, dans des hôtels particuliers, par exemple, on fait des escaliers monumentaux qui ne montent qu'au premier étage. La cage est très décorée, et dans un autre endroit, à proximité, on place l'escalier plus simple qui doit conduire aux étages supérieurs.

7° Il faut — autant que possible — éviter les marches irrégulières et pour cela, établir des paliers à mi-hauteur ;

8° Quand les marches irrégulières — d'angle ou balancées — ne peuvent être évitées, il faut donner à la courbe du limon, ou au jour d'escalier, une largeur telle que les marches ne soient pas trop étroites au droit du limon ;

9° Les escaliers longs et droits doivent se diviser en plusieurs volées par des paliers. Chaque volée ne doit pas compter plus de 18 à 20 marches ou degrés, pour que l'escalier ne soit pas trop fatigant ;

10° La cage — emplacement contenant l'escalier — doit être bien éclairée. En faisant l'étude du plan, il faut se réserver la possibilité d'un jour direct, et autant que possible, à moins d'exigences architecturales, on évitera de couper les fenêtres par le limon en les pratiquant franchement entre marches et plafond avec une allège suffisamment haute pour éviter tout danger ;

11° La largeur du palier devra représenter *au moins* l'équivalent de trois marches mesurées au giron ;

12° Quand il est possible, les marches d'un même escalier doivent toujours avoir la même hauteur et le même giron. Cette règle doit être absolue au moins pour chaque volée, les hauteurs d'étages ne permettant pas toujours de l'appliquer complètement.

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DES ESCALIERS

Giron ou ligne de foulée. On désigne sous le nom de *giron* ou *ligne de foulée* une ligne tracée sur la projection horizontale d'un escalier parallèlement au limon et par conséquent à la rampe portant la main-courante. Elle est ainsi nommée parce qu'elle est la projection de la ligne suivie en montant ou en descendant, quand on s'appuie sur la rampe.

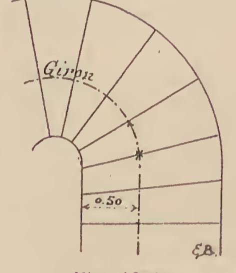


Fig. 1296.
Plan d'escalier.

Le *giron* est *droit*, lorsqu'il a la même largeur sur toute la longueur de la marche. Il est dit *giron triangulaire*, lorsqu'il va en s'élargissant depuis le collet de la marche jusqu'à l'extrémité scellée dans le mur (fig. 1296.)

Dans un escalier droit, la foulée est déterminée par la formule $2h + l = 0^m,63$ à $0^m,66$ (h représentant la hauteur et l la largeur)[1], qui donne le rapport de la contremarche avec la marche ; l'escalier peut donc être plus ou moins fatigant, mais toujours praticable.

Dans les quartiers tournants, dans les escaliers en hélice, le *giron* doit être compté à $0^m,50$ de la rampe, c'est-à-dire qu'une personne, en montant ou en descendant, et en s'appuyant sur la rampe doit trouver, pour poser sûrement le pied, une largeur de marche suffisante. C'est donc là, à $0^m,50$ de la rampe, nous le répétons, que doit être pris le *giron* dans les escaliers

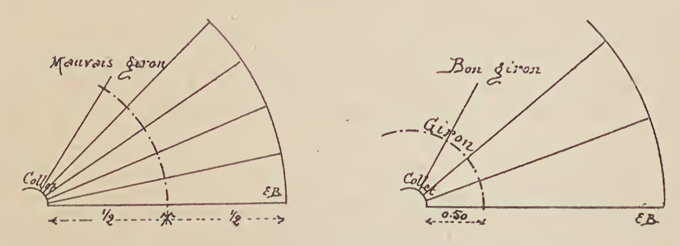


Fig. 1297, 1298. — Endroit de la marche où on doit mesurer le giron.

dits en *vis*, en *hélice*, *tournants* ou *escargots*, parce qu'on comprend que, si par exemple on admettait, sans davantage réfléchir, le giron au milieu de la marche pour un escalier à large ouverture, la marche présenterait une foulée suffisante au milieu mais ne permettrait pas de poser le pied en s'appuyant sur la rampe intérieure parce que la marche serait trop étroite à la distance de $0^m,50$ et sa largeur au collet, c'est-à-dire contre le limon, deviendrait presque nulle (fig. 1297, 1298), ce que démontrent nos croquis.

Marche. — La marche ou degré est composée de la partie horizontale appelée giron, et de la partie verticale, appelée *contremarche*. Nous venons de donner plus haut la formule de Rondelet, qui indique que deux hauteurs plus une largeur doivent donner environ un pas moyen, soit environ deux pieds. L'expérience démontre en effet qu'un homme de taille ordinaire fait en moyenne des pas de $0^m,63$ à $0^m,66$. Pour franchir une planche de $7^m,50$ de longueur, dit M. Wanderley, il

[1] Ou encore, pour obtenir la largeur : $64 - (2 \times 16) = 32$ centimètres en supposant la hauteur, 0,16, connue.

fera donc 12 pas. Si l'on élevait de $0^m,60$ l'une des extrémités de la planche, il serait forcé de faire 13 pas pour atteindre le sommet du plan incliné ainsi formé. Si le sommet se trouvait à $2^m,90$ de hauteur, il ferait déjà 18 pas, et chacun d'eux couvrirait en projection horizontale une longueur de $0^m,30$. A chaque pas, il s'est élevé de 0,16, sans difficulté, si son pied trouve un point d'appui convenable sur le plan incliné.

Le rapport de 16 à 31, 16 centimètres de hauteur, pour 31 centimètres de largeur, est, en effet, celui qui donne les marches les plus faciles à monter. Mais comme la place dont on dispose pour la cage de l'escalier ne permet pas toujours de l'adopter, il faut, chaque fois qu'on augmente la hauteur de la marche de 1 centimètre réduire sa largeur de 2 centimètres, Si l'on avait une hauteur de marche de $17^c = (16^c + 1^c)$, on ferait la largeur égale à $(31 - 2) = 29$ centimètres. Si, au contraire, la hauteur était 15 centimètres, la largeur (ou giron) devrait être 33 centimètres.

Une autre manière de proportionner les marches consiste à leur donner une largeur égale au quotient de la division du nombre 500 par la hauteur de la marche, exprimée en centimètres, soit la formule :

$$\frac{500}{h} = l.$$

Ainsi pour une hauteur de 16,5 centimètres.

$$\frac{500}{16,5} = 30,3 \text{ centimètres.}$$

On voit en résumé que, dans un escalier bien établi, le giron diminue au fur et à mesure que la hauteur augmente.

Emmarchement. — La longueur d'emmarchement est la plus grande dimension de la marche ; c'est la largeur de l'escalier. Cette étendue n'est astreinte à aucune règle, dépendant seulement de la destination comme importance décorative ou comme appelé à permettre la montée et la descente de quelques personnes seulement, ou à des foules nombreuses. Cependant, si on ne peut fixer de maximum, on doit cependant dire que cette largeur dans les escaliers droits ne peut être inférieure à $0^m,65$ qui est à peu près la largeur minimum des passages étroits. Nous devons pourtant dire que dans les escaliers en hélice, qu'on réduit le plus possible par suite du manque de

place, on arrive à ne donner parfois que $0^{m},50$ et même $0^{m},45$ d'emmarchement.

Échappées ou hauteur de passage. — Une question importante de la construction d'escalier, dont on doit se préoccuper à l'étude même du projet, est celle des échappées.

Dans l'escalier le plus fréquent, celui de la maison de rapport, on doit tenir compte :

1° De la hauteur d'échappée sous l'escalier pour la descente de cave ; il faut au moins quatorze marches pour obtenir une porte de 2 mètres de hauteur, dimension qui, suivant l'importance de la construction et sa destination peut être réduite à $1^{m},80$ et même $1^{m},75$.

2° Le rez-de-chaussée, ayant toujours une plus grande élévation que les autres étages, nécessite aussi un plus grand nombre de marches ; le palier d'arrivée étant invariable, on ne peut obtenir le nombre nécessaire qu'en avançant le départ dans le vestibule, de la quantité de marches exigée ; il en résulte que

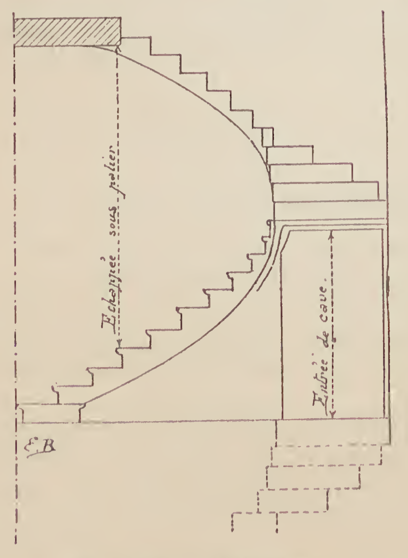


Fig. 1299. — Échappées.

le palier du premier étage se trouve passer au-dessus de la sixième ou de la septième marche et réduit d'autant la hauteur d'échappée.

On obvie à cet inconvénient en augmentant la hauteur des

marches pour en diminuer le nombre et passer avec le palier sur la troisième ou quatrième marche (fig. 1299).

Les marches de la première révolution peuvent être sans inconvénient augmentées de 0m,008 à 0m,010 ; c'est surtout dans les étages supérieurs qu'il convient d'adoucir la rampe formée par les marches successives, c'est-à-dire, à notre avis, qu'on pourrait par exemple donner aux marches une hauteur de :

Du rez-de-chaussée au 1er étage 0m,17 à 0m,175 et même 0m,18.

Du 1er étage au 2e étage	0m,165		
Du 2e — au 3e —	0m,16	avec largeurs.	
Du 3e — au 4e —	0m,155	proportionnelles.	
Du 4e — au 5e —	0m,15		

La hauteur d'échappée ne doit pas être inférieure à 2m,20 ; au-dessous de cette dimension, que nous donnons comme minimum, le passage des meubles dégrade le plafond.

Le départ d'escalier doit se trouver placé au-dessous du palier du premier étage, à quelques marches près seulement.

Cage d'escalier. — La cage est l'espace vide renfermé entre les murs droits ou courbes d'un édifice et destiné à recevoir l'escalier. Elle doit, pour les bâtiments à plusieurs étages, être éclairée directement par des fenêtres ; quand au contraire on a affaire à des constructions peu élevées — un ou deux étages — on peut éclairer les escaliers par le haut au moyen d'une partie de toiture vitrée.

Les dimensions minimum pour un escalier de maison à loyer sont : largeur 2m,30, longueur 3m,30 ; ces dimensions permettent : 0m,23 de giron, 1m,02 d'emmarchement et 0m,24 de jour d'escalier. (Les marches, dans cet escalier, ont 0m,17 de hauteur et ne donnent donc que 0m,57 de pas.)

Volée. — C'est le nom qu'on donne à la partie d'un escalier qui se projette horizontalement en partie droite ; celle qui est courbe se nomme *quartier tournant*.

Paliers. — On nomme ainsi des parties de planchers plus ou moins importantes placées à diverses distances dans la hauteur d'un escalier. Les paliers A (fig. 1300) qui donnent accès aux appartements avec lesquels ils sont de plain-pied, sont appelés *paliers principaux* et les paliers intermédiaires B, *paliers* de repos.

Les paliers les plus réduits doivent avoir au moins 0m,80, et

en tout cas ne jamais être inférieurs à la somme de trois marches, mesurées horizontalement au giron. Ces conditions ne concernent que les petits escaliers et escaliers de service, pour lesquels on dispose toujours d'un espace très restreint.

Dans tous les autres cas, il faut donner, règle générale, la

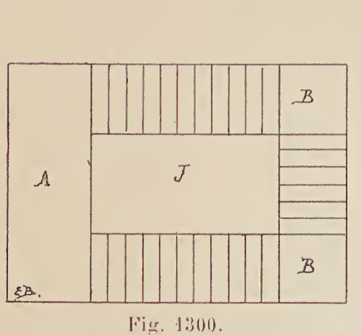



Fig. 1300.
Escalier rompu en paliers.

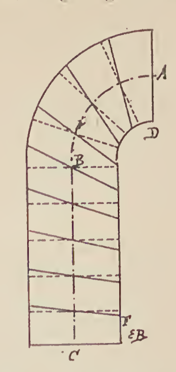


Fig. 1301. — Balancement.

plus grande largeur possible aux paliers principaux. Quant à ceux de repos, leur côté égale naturellement l'emmarchement.

Pour être certain de faire un escalier commode à monter et à descendre il convient de ne pas placer de suite plus de 20 marches au maximum sans les séparer par un palier de repos.

Jour. — L'espace vide entre les deux volées d'escalier prend le nom de *jour*, nous le désignons sur le croquis par la lettre J (fig. 1300). Il convient de donner une grande largeur au jour, surtout dans les escaliers tournants, parce que le balancement des marches est ainsi toujours plus facile.

Balancement. — On appelle *balancement* dans les escaliers en partie droits et en partie courbes, la répartition de la diminution de largeur des marches du côté de la rampe, c'est-à-dire au collet. On diminue graduellement la largeur des marches au collet en répartissant la diminution sur un plus ou moins grand nombre de marches. C'est ce qu'on appelle faire le *balancement* ou le *gironnement* d'un escalier (fig. 1301).

Cette figure nous servira d'exemple : A B C est *la ligne de foulée ;* F D la limite du *jour ;* les lignes pointillées représentent les arêtes saillantes des marches supposées normales à la courbe du jour ; la diminution de la largeur près de la partie

tournante se ferait d'une manière subite et produirait un changement brusque de pente qui pourrait être dangereux. On diminue donc graduellement la largeur des marches au collet, en répartissant la diminution sur un certain nombre de marches. On peut effectuer le balancement par l'application de diverses méthodes, mais qui sont toutes sujettes à bien des modifications pratiques ; aussi les charpentiers s'en passent-ils ; sur leur aire, dans le tracé de leurs marches, ils déterminent d'abord le nombre des marches dansantes qu'ils jugent indispensables, fixent une dimension au plus petit collet et font la division en diminuant l'ouverture du compas, de manière que la valeur de cette diminution soit toujours constante, la première ouverture étant égale au giron, ou à une marche droite, et la dernière au plus petit collet. C'est par un tâtonnement, que la pratique rend facile, qu'on arrive au meilleur résultat.

Il y a cependant des méthodes : en voici une empirique, qui donne un résultat réclamant peu de rectifications (fig. 1302).

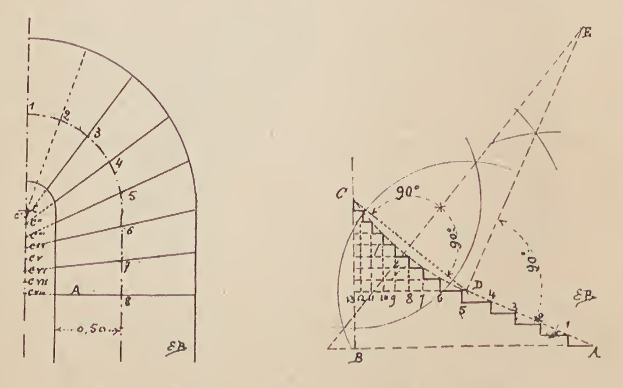


Fig. 1302, 1303. — Tracés de balancements.

Ayant arrêté le nombre de marches que l'on veut balancer, sept par exemple comme dans notre figure, on divise la distance entre la normale A et le point de centre C en sept parties égales et on subdivise en deux la première division C c^{II}, puis on fait rayonner la marche 1 au point C, la marche 2 au même point C, la marche 3 au point intermédiaire C, la marche 4 au point c^{II}, la marche 5 au point c^{III}, la marche 6 au point c^{I} , puis on saute un point et la marche 7 vient au point c^{VI}, enfin la marche 8 est perpendiculaire au limon et vient au point c^{VIII}.

Le procédé géométrique suivant donne un résultat encore dlus favorable :

Après avoir tracé la ligne d'emmarchement et l'avoir subdivisée en autant de parties égales sur le giron qu'il y a de marches dans l'escalier, on fixe le nombre de marches devant rester droites, c'est-à-dire perpendiculaires au limon. Puis on prend sur le plan la longueur du demi-développement du limon, et on la porte sur une horizontale A B (fig. 1303). On mène en B la perpendiculaire B C, et l'on porte sur elle autant de fois la hauteur des marches qu'il en correspond à la demi-longueur du limon, soit, dans le cas qui nous occupe, 13.

A partir de A, on mesure une longueur égale à la somme des girons des marches devant rester droites et le point D forme le point de passage des marches droites aux marches balancées. Pour déterminer la largeur au collet des marches dansantes on joint D, C, et l'on élève une perpendiculaire au milieu. En D on mène D E, perpendiculaire à A D ; le point d'intersection des deux perpendiculaires donne le centre E. De ce point E, avec un rayon E D, on décrit l'arc C D ; on raccorde de la sorte les points D et C par un arc de cercle qui est tangent à D, A en D. En menant les horizontales correspondant aux différentes marches, on obtient sur cet arc les points 5′, 6′, etc., qui projetés sur l'horizontale D F, donnent les largeurs des marches sur le limon. La même ligne sert aussi à profiler les bords supérieurs et inférieurs du limon.

DIFFÉRENTS GENRES D'ESCALIERS

On fait des escaliers de formes et de constructions très diverses. La forme est imposée par l'endroit destiné à recevoir l'escalier ou par des exigences de parti de construction ou de décoration. Les escaliers se font en bois, en pierre, en fer et en bois et fer ; nous examinerons ici les formes seulement, réservant les détails constructifs pour les chapitres spéciaux de *Charpente en bois*, de *Maçonnerie* et de *Serrurerie* dans lesquels nous traitons ces sujets spécialisés aux matériaux employés.

Plan incliné. — C'est le cas le plus simple, l'escalier primordial composé de planches placées suivant une certaine inclinaison et sur lesquelles on cloue des tasseaux pour empêcher le pied de glisser. Le plan incliné demande une place considérable, on l'emploie surtout là où doivent monter ou descendre les chevaux.

Echelle. — C'est l'escalier portatif que l'on place suivant besoins. L'échelle se compose de deux longues pièces de bois ou montants réunies entre elles par une série de barres transversales appelées *échelons* et placées à des distances égales (ordinairement un pied ou $0^m,33$).

Echelle de meunier. — On nomme ainsi des échelles dont les montants et les échelons sont composées de planches. Les marches sont assemblées à tenons ou posées sur tasseaux (fig. 1304).

Echelle de corde. — On appelle parfois ainsi une corde à nœuds espacés de $0^m,32$ environ dont se servent les ouvriers pour travailler sur les façades; mais il y a aussi des échelles composées de deux cordes, ou limons flexibles, réunies par des échelons en bois (fig. 1305).

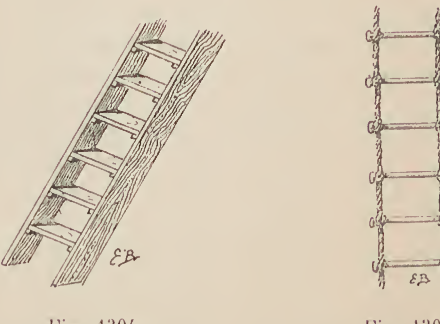


Fig. 1304. Echelle de meunier.

Fig. 1305. Echelle de corde.

Escaliers à rampe droite — Les marches ou degrés sont parallèles et on monte et on descend sans se détourner, ni à droite ni à gauche. Quand on emploie ce type d'escalier, il ne faut pas avoir plus de 18 marches au maximum sans couper par un palier de repos.

C'est la forme qui convient, quand on doit faire très simple sans aucune préoccupation décorative, pour sous-sol, ateliers, magasins, greniers, etc.

Escaliers rompus en paliers. — Ces escaliers sont généralement composés de parties droites s'élevant dans des directions différentes, et séparées les unes des autres par des paliers ou repos. La partie de l'escalier qui s'étend de la marche

de départ au premier palier, ou d'un palier à l'autre, s'appelle une rampe ou volée d'escalier.

Ces escaliers prennent suivant les exigences de plans des formes très diverses. Placés dans un angle, ils prennent la disposition indiquée figure 1300. Avec plusieurs volées ils peuvent être facilement décorés. Un autre genre encore consiste à

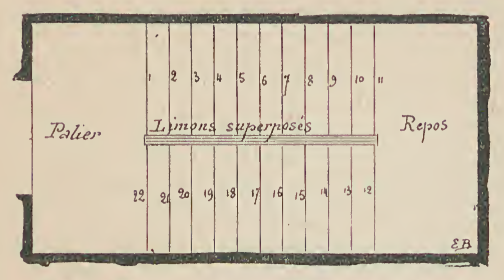


Fig. 1306. — Escalier sans jour médian.

placer les limons superposés. Cette disposition présente des difficultés pour la rampe, mais en revanche on a une plus grande largeur d'emmarchement, le jour se trouvant complètement supprimé. De plus, dans les écoles, ces escaliers ne permettent pas aux élèves de glisser sur la rampe, ce qui évite les boules d'arrêt ou obstacles qu'on dispose ordinairement sur la main-courante (fig. 1306).

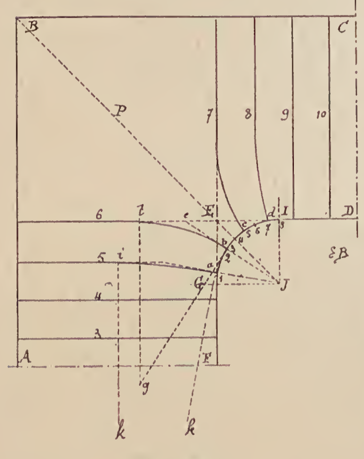


Fig. 1307.
Tracé de quartier tournant.

L'escalier rompu en paliers se fait avec montants d'angle, servant de départ et d'arrivée à la main-courante (fig. 1300) ou bien avec quartiers tournants aux angles, c'est-à-dire que les parties droites sont raccordées entre elles par des courbes rampantes, et alors on est obligé de courber les marches de manière à rendre possible la ligne de raccordement. Si nous prenons (fig. 1307) la projection horizontale d'un palier P avec quartier tournant de raccordement, nous aurons : « Les lignes AB, BC, indiquent les murs dans lesquels viennent se sceller le palier et les mar-

ches. Soit DEF l'angle rentrant qu'il faut raccorder par un quart de cercle, pour éviter la difformité des ressauts et agrandir le collet de la marche palière sans perdre de place. Après avoir déterminé par quel nombre de marches on veut faire le radouci, on prend, de part et d'autre, la moitié de ce nombre de marches plus une demi-marche de chaque côté, ce qui nous donne les deux points G et I. Par ces points, on mène deux perpendiculaires G I, et J I, aux limons qui forment l'angle.

« Leur point de rencontre J sera le centre du quart de cercle de raccord. Ceci fait, on divise ce quart de cercle en un nombre de parties égales double de celui des marches qu'il doit contenir et pour largeur des collets, on prend les espaces compris entre les nombres impairs 1, 3, 5, 7, etc., de ces divisions. Les largeurs des collets des marches dansantes ayant été ainsi fixées aux points *a*, *b*, on trace la droite rayonnante J*b*, qu'on prolonge jusqu'en *e*. On reporte la longueur *be* de *e* en *f*, puis on mène *fg* perpendiculairement sur *ef* et *bg* perpendiculairement sur *e* J. Le point *g* ainsi déterminé est le centre de l'arc de raccordement *bf*.

« En procédant de même, on obtiendrait le point *k*, centre de l'arc de raccordement *a h i*. On opère ainsi pour les deux arcs des marches 7 et 8[1]. »

ESCALIERS TOURNANTS

En hélice à noyau plein, *limaçons ou escargots.* — Ces escaliers sont de deux genres : premièrement à noyau plein qui porte la totalité des marches, c'est l'escargot (fig. 1308, 1309) ; chaque contremarche est une sorte de potence indépendante solidarisée avec les autres par le limon.

Dans le cas où cet escalier est contenu dans une cage, ronde ou carrée, le limon peut être supprimé et les marches envoyées en scellement. S'il y a seulement des points de contact avec les murs, on doit en profiter pour y sceller le limon par des scellements rapportés et soulager d'autant les potences formées par les contremarches.

Tracé d'un limaçon. — Cette forme d'escalier trouve son application dans les magasins, boutiques, etc. ; pour commu-

[1] Oslet. *Charpente en bois.*

niquer directement, soit avec le sous-sol, soit avec le premier étage.

On dispose ordinairement de peu de place et ces escaliers sont parfois réduits à 0m,50 et même 0m,45 d'emmarchement ou longueur de marche ; ainsi réduit, le giron, ou plutôt la largeur de la marche au milieu, est très faible, 0m,15 pour 0m,50 de longueur de marche ; il se présente alors, ici aussi, la difficulté de l'échappée ou hauteur nécessaire pour se tenir debout pendant la montée ou la descente.

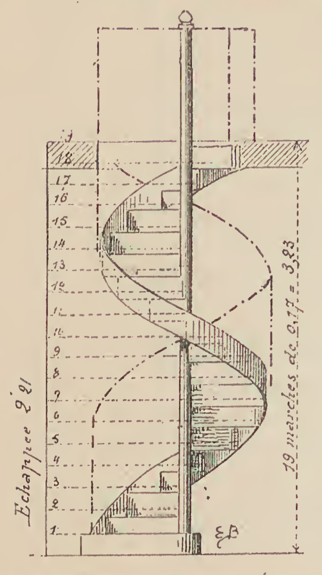


Fig. 1308. — Escargot. Élévation.

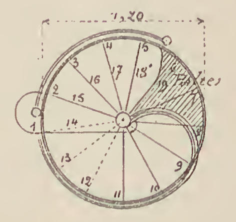


Fig. 1309. — Escargot. Plan.

Cette hauteur, à de rares exceptions près, et pour que l'escalier remplisse le but qui lui est assigné, ne doit pas être inférieur à 1m,85 ou 1m,90 ; il est facile de comprendre qu'il devient alors impossible d'augmenter la largeur des marches.

Si, par exemple, nous voulons avoir 0m,25 pour poser solidement le pied, nous aurons alors, en tablant sur un escargot de 0m,50 d'emmarchement, 0m,30 de rayon en comptant le rayon d'un noyau de 0m,10, soit $2 \pi R = 1^m,8849$ de circonférence au milieu de la marche, et si nous divisons 1m,8849 par 0m,25, nous obtiendrons sept marches et demi environ ; prenons-en huit et comptons sur le maximum de hauteur de 0m,19, nous aurions 1m,52 d'élévation entre la marche n° 1 et celle n° 8, espace insuffisant pour se tenir debout.

On voit donc que ces petits escaliers sont forcément limités et arrêtés pour les hauteurs et les largeurs des marches par une règle invariable, imposant une division fixe en plan et une hauteur de marche minima.

C'est pour éviter les pertes de temps occasionnées par le tâtonnement que nous donnons ici le procédé de traçage

employé par les constructeurs spéciaux et qui assure toujours une échappée suffisante.

Les dimensions d'emplacement et de hauteur à monter étant déterminées, on divise la circonférence en *treize* parties égales (fig. 1309) et la hauteur en degrés de $0^m,17$ au moins.

Treize marches en plan donnent quatorze hauteurs, en déduisant celle de la quatorzième, sous laquelle il faut passer : on aura de passage libre $0^m,17 \times 13 = 2^m,21$; et si l'on compte l'échappée à l'arrivée, on aura, pour former le palier, deux marches à déduire, ou $2^m,21 - 0^m,34 = 1^m,87$.

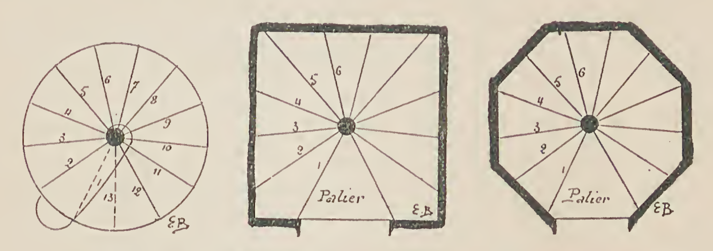


Fig. 1310, 1311, 1312. — Diverses formes d'escaliers tournants.

Pour augmenter le plus possible l'échappée, on donne au palier la forme courbe qu'indique la partie hachurée (fig. 1309).

Les escaliers à noyaux pleins peuvent se trouver entre murs; ils affectent alors les formes circulaire, carrée ou polygonale (fig. 1310, 1311, 1312).

Escaliers à noyau creux, évidé ou à jour. — L'escalier

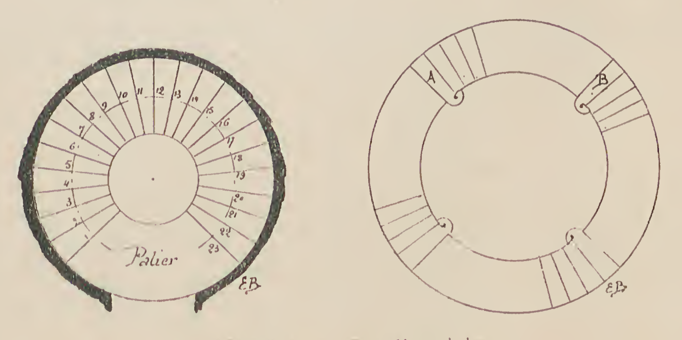


Fig. 1313, 1314. — Escaliers à jour.

en hélice à noyau évidé ne présente pas la même difficulté d'échappée que celui à noyau plein, le balancement en est aussi

plus favorisé ; la marche, dont la largeur au collet est nulle dans l'escalier à noyau plein, est dans l'escalier évidé d'autant plus large que le rayon du jour est plus considérable (fig. 1313).

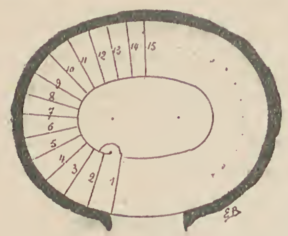


Fig. 1315. — Escalier elliptique.

Si l'on admet un jour considérable, il est possible de faire les volées superposées, à la seule condition d'avoir assez de marches de A en B pour assurer le passage libre ou hauteur d'échappée (fig. 1314).

A noter encore les formes en ovale et en ellipse dans lesquelles le balancement est le plus difficultueux et pour lequel on peut avoir recours au deuxième procédé que nous avons indiqué plus haut (fig. 1315).

Dans les maisons d'habitation où les escaliers sont très fréquentés, les escaliers en hélice ne sont à adopter que lorsque le jour peut atteindre au moins $0^m,80$ de rayon ; parce qu'alors le développement du limon est suffisant pour que si l'escalier atteint $1^m,20$ à $1^m,30$ d'emmarchement, les marches aient encore au collet une largeur de $0^m,12$ à $0^m,15$ environ. Dans ces conditions l'escalier est pratique et peut être employé.

On peut déduire de ce qui précède : que, par exemple, 25 marches à monter, en admettant une largeur minimum de $0^m,13$ au collet, le limon doit présenter un développement de $13 \times 24 = 3^m,12$. La demi-circonférence du cercle étant exprimée par $\frac{\pi\ d}{2}$, on a $\frac{\pi\ d}{2} = 3^m,12$ d'où $d = \frac{3,12 \times 2}{3,14}$ $= 2$ mètres environ. Le diamètre maximum du limon sera donc de 2 mètres, et si l'escalier a $1^m,30$ de largeur le diamètre de la cage demi-circulaire sera de :

$$(2 \times 1,30) \times 2,00 = 4^m,60.$$

Dans les escaliers demi-circulaires ou dans le demi-cercle faisant partie de l'escalier, il faut toujours éviter de mettre un palier coupant une volée, ce qui serait laid et, de plus, diminuerait considérablement la solidité à moins d'avoir recours à des montants verticaux portant le limon.

Escaliers mixtes. — Composés de parties droites où les marches sont rectangulaires, et de parties balancées où les marches sont en forme de trapèze ; ces escaliers réclamant peu

de place sont les plus employés, suivant la disposition du plan on peut arriver à loger un escalier dans un espace de 2m,30 × 3m,30 (fig. 1316), dans lequel étant donné une hauteur à monter de 2m,90 de parquet à parquet on a des marches de 0m,17 de hauteur et mesurant 0m,23 au giron ; en prenant des marches de 1 mètre de longueur, il reste, déduction faite des saillies des marches sur le limon, qui peuvent n'avoir que 0m,03, il reste 0m,24 entre marches, ce qui permet encore de débillarder assez facilement la rampe. On doit remarquer que, dans cette disposition, en donnant la forme demi-circulaire on peut employer les triangles A et B pour placer des tuyaux de descente ou donner un élargissement de passage.

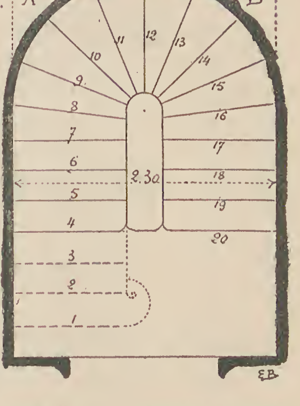


Fig. 1316. — Escalier mixte.

Escaliers en fer à cheval. — C'est une variété de la forme semi-circulaire. Elle convient surtout à l'extérieur pour grand perron ; prise au point de vue monumental, elle est d'un effet grandiose, l'escalier de Fontainebleau en donne un magnifique exemple.

Construite en fer, elle est surtout applicable aux perrons à double rampe : les murs d'échiffre, colonnes ou piliers employés pour les escaliers en pierre sont remplacés dans la construction en fer par des colonnes et des consoles, ornées dans le goût et le style de l'ensemble du bâtiment auquel l'escalier est adossé.

Diverses formes. — Très souvent les constructeurs recherchent des formes originales et quand celles-ci sont motivées par un avantage, une utilité, le résultat ne peut manquer d'être bon, parce qu'il y a bon emploi de forme ou de matière et que par conséquent la construction est rationnelle. La forme en 8, la seule que nous citerons pour exemple, a l'avantage de donner plus de développement de limon dans un espace plus restreint (fig. 1317).

Escaliers extérieurs. — Les escaliers extérieurs sont presque toujours en saillie sur les façades ou partiellement engagés. Exposés aux intempéries, on les fait le plus souvent en

pierre mais parfois aussi en fer ; leur construction, en tant que disposition, ne comporte aucun mode de faire particulier, nous n'aurons donc à nous en occuper que dans les chapitres spéciaux *Charpente et Maçonnerie*.

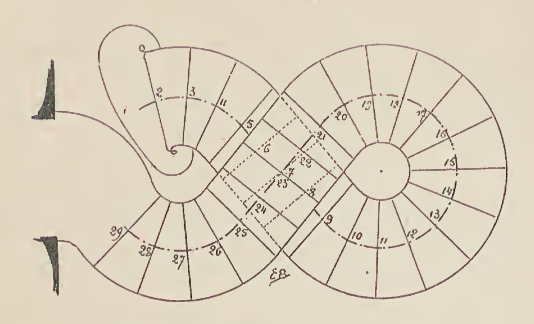


Fig. 1317. — Escalier en « 8 ».

Limons. — On distingue deux sortes de limons : 1° le limon *à crémaillère* ou *à l'anglaise* dans lequel les repos des marches sont découpés dans le limon en laissant toujours au point le plus affaibli une force suffisante pour que le limon résiste et porte l'ensemble de la volée. La hauteur de la section à ce point faible doit toujours être d'au moins 0^{m},14 pour bois ou fer. Ce chiffre est un minimum (fig. 1318) ; 2° le *limon à la française* ou limon droit, dans lequel les marches viennent se loger.

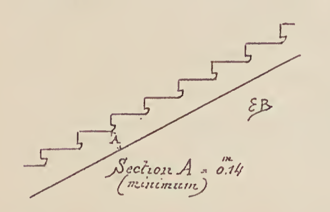


Fig. 1318. — Limon à crémaillère.

Rampes. — Sur les limons à crémaillère les rampes sont ordinairement à col de cygne (fig. 653) ou à pitons (fig. 654). Dans l'escalier avec limon à la française la rampe vient se placer sur l'axe.

La hauteur de la rampe comptée du nez de marche au-dessus de la main-courante ne doit jamais être inférieure à 0^{m},92 ni supérieure à 1 mètre. L'expérience a démontré qu'une bonne moyenne de hauteur était : 0^{m},92 pour la partie rampante et 0^{m},97 pour la partie horizontale ou en palier.

MONTE-PLATS, MONTE-CHARGES, ASCENSEURS

Avec les progrès de l'industrie, le confort des habitations tend à se perfectionner de plus en plus, on recherche tout ce qui peut ajouter à la commodité, tout ce qui peut éviter une fatigue. De plus, étant donné la valeur actuelle du terrain, on est forcé de donner souvent une grande élévation aux bâtiments de manière à répartir le prix du sol sur le plus grand nombre d'étages possible.

Ces considérations ont amené les constructeurs à rechercher les appareils mécaniques pouvant remédier aux difficultés que présente toujours la grande élévation des maisons, et à demander à l'industrie les moyens de monter sans fatigue les colis ou les personnes.

Bien entendu, nous n'avons pas l'intention de nous occuper ici d'une manière complète du mécanisme propre à chacun des appareils, mais seulement d'établir quelques données générales pouvant permettre de prévoir dans un projet l'emplacement nécessaire et se rendre compte dans une certaine mesure des dispositions spéciales que dans chaque cas particulier on peut être amené à prendre.

Monte-plats. — Dans les hôtels privés, généralement construits sur des surfaces restreintes, les cuisines sont presque toujours dans le sous-sol, et l'escalier de service (quand il y en a un) ne se trouve pas à proximité de la salle à manger. Alors, pour éviter le passage des plats par des pièces, vestibule ou autre, on à recours à l'établissement d'un monte-plat allant de la cuisine située au sous-sol à l'office située au rez-de-chausssée près de la salle à manger.

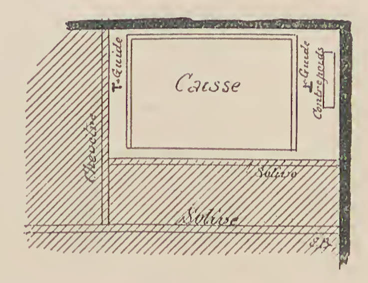


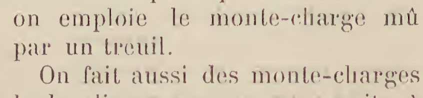
Fig. 1319.
Emplacement de monte-plats.

La seule donnée intéressante est de savoir les dimensions minima qu'on peut donner à la trémie de passage ; cette ouverture pratiquée dans le plancher est déterminée par la grandeur de la caisse en bois qui, pour ce qu'on est convenu d'appeler *service ordinaire*,

ne peut avoir moins de 0^{m},40 × 0^{m},60. A ces mesures qui peuvent être augmentées suivant les besoins, il convient d'ajouter en plus de la caisse 0^{m},05 en plus de la profondeur et 0^{m},20 en plus de la largeur. Ainsi, pour une caisse de 0^{m},40 × 0^{m},60 on devrait donner à la trémie : 0^{m},40 + 0^{m},05 = 0^{m},45 en profondeur, et 0^{m},60 + 0^{m},20 = 0^{m},80 en largeur (fig. 1319).

Nous avons parlé tout à l'heure des hôtels privés dans lesquels on n'a pu prévoir d'escalier de service, ce qui oblige à se servir du grand escalier aussi bien pour monter des objets lourds que des objets susceptibles de salir ou de détériorer. On obvierait dans une certaine mesure à cet inconvénient en construisant le monte-plat un peu plus fort, ce qu'on appelle le *grand service*, qui peut servir de petit monte-charge, et en le faisant desservir tous les étages. Il faudrait alors prévoir une trémie plus grande.

Monte-charges. — Ces appareils ne se distinguent des monte-plats que par leur structure plus puissante et la différence de forme de la caisse qui n'est pas couverte. Les dimensions de la trémie sont déterminées comme dans le cas précédent par celles de la caisse augmentées de 0^{m},07 en profondeur et 0^{m},20 en largeur, comme le montre du reste la figure précédente ; la caisse de 0^{m},75 × 1 mètre est une bonne dimension, et oblige à donner à la trémie 0^{m},75 + 0^{m},07 = 0^{m},82 en profondeur et 1 mètre + 0^{m},20 = 1^{m},20 en largeur. Ces monte-charges sont, comme les monte-plats, à *corde sans fin* avec arrêts automatiques et frein. Ils peuvent monter une charge de 400 à 500 kilogrammes ; pour élever un poids plus considérable



on emploie le monte-charge mû par un treuil.

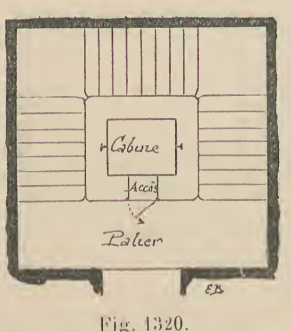


Fig. 1320.
Ascenseur.

On fait aussi des monte-charges hydrauliques avec ou sans puits, à piston ou seulement à chaîne et contrepoids. En tant que système, ils ne diffèrent pas des ascenseurs que nous allons examiner ci-après.

Ascenseurs. — Les ascenseurs peuvent être classés en deux systèmes bien distincts : les ascenceurs avec puits, et les ascenseurs sans puits, les premiers peuvent être placés dans une cour, sur un terre-plein, les seconds nécessitent presque tous une cave.

Un ascenseur doit être placé de manière à avoir facilement accès sur le palier de l'escalier où se trouvent les entrées d'appartements ; presque toujours il occupe le milieu du jour de l'escalier et est relié au palier par une passerelle (fig. 1320). On fait des ascenseurs de toutes dimensions, mais ils doivent cependant toujours pouvoir contenir au moins deux personnes, ce qui donne au minimum pour la cabine environ $0^m,80 \times 1^m,20$, et si on ajoute la place nécessaire pour les guides et contrepoids, on aura $0^m,80 + 0^m,05 = 0,85$ et $1^m.20 + 0^m.20 + 0^m\ 20 = 1^m,60$.

Ces dimensions sont un minimum ; en sens inverse on n'a pas de limites.

Nous allons examiner brièvement quelques systèmes d'ascenseurs au point de vue de leur facilité à être placés dans une construction.

Ascenseurs Edoux. — Ces ascenseurs sont à piston plongeant et à contrepoids, ils nécessitent un puits d'une profondeur égale à la course de la cabine, travail qui devient très coûteux si on se trouve sur un sol résistant. C'est, croyons-nous, le premier système d'ascenseur ayant donné des résultats pratique, et MM. Edoux et Cie construisent maintenant des ascenseurs sans puits présentant les mêmes avantages.

Ascenseurs Samain. — Dans les ascenseurs qui précèdent, la cabine est équilibrée par un contrepoids et supportée par une tige de soulèvement de longueur constante, formant un piston plongeur mis en mouvement par une pression d'eau exerçant son action dans l'intérieur d'un cylindre qui sert de corps de pompe au piston plongeur, qui a, nous l'avons dit, une longueur égale à la course de l'ascenseur. Dans l'appareil de MM. Samain le piston est fait en cinq ou six tubes de différents diamètres et rentrant les uns dans les autres à la manière d'un télescope. Le cylindre corps de pompe est ramené ainsi à la longueur d'un des éléments composant le piston.

Pendant la montée, les éléments se développent successivement, et la colonne d'eau s'élève à l'intérieur en formant une sorte de pilier liquide qui supporte la cabine.

Ascenseur Backman. — Des accidents survenus dans les ascenseurs à pistons, mais dont nous n'avons pas à nous occuper ici, ont amené M. Backman, ingénieur, à établir un ascenseur dans lequel la chute de la cabine n'est pas à craindre, mais, mieux encore, est impossible.

Le système consiste en quatre, six ou huit montants supportant un rail développé en hélice et sur lequel vient reposer par quatre, six ou huit roues ou gros galets un chariot supportant la cabine.

Ce système peut être commandé par un câble avec le moteur dans la cave, ou par un moteur aménagé sur le chariot. Bien entendu, la cabine, elle, ne tourne pas, et guidée sur deux faces elle sert de points d'appui au chariot pour lui permettre d'opérer l'ascension.

Cet ascenseur peut être établi sur le sol sans puits ni chambre au-dessous.

Ascenseurs Otis. — Ces ascenseurs sont sans puits, avec un piston qui donne une course de cabine douze fois plus considérable que sa longueur. Ils ont été appliqués à la tour Eiffel.

Cet appareil comprend les parties essentielles suivantes :

Un cylindre moteur en fonte, qui peut occuper une position quelconque, mais que l'on met généralement vertical ; dans ce cylindre est renfermé un piston commandé par deux tiges jumelées qui, traversant des presse-étoupe, viennent se fixer à une barre en fer assujettie à la chape d'une poulie mouflée.

Cette poulie mobile repose sur quatre câbles en fils d'acier de 15 millimètres environ solidement amarrés à la charpente supérieure et qui, après avoir contourné la poulie mobile, remontent sur une poulie fixe placée à la partie supérieure et redescendent pour aller s'attacher au bâti de la cabine.

Par suite du mouflage interposé entre le piston et la cabine, le rapport de la course de cette dernière à la longueur du piston peut varier de 1 à 2 et même de 1 à 12.

Ascenseurs pour voitures. — C'est encore l'exiguïté des terrains qui force parfois à établir des remises dans les sous-sols, et naturellement on n'a pas recours au plan incliné qui dépenserait, et au delà, le terrain gagné. On a imaginé de construire un grand plateau manœuvré par un treuil ou par un piston mis en mouvement par l'eau. La voiture amenée sur le plateau est descendue et remisée, puis le plateau plein ou dallé en verre reprend sa place au niveau de la cour. Les dimensions de ce plateau sont $2^m,20 \times 3^m,10$.

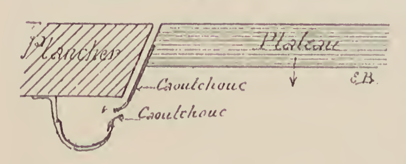


Fig. 1321. — Récolteur d'eaux.

L'inconvénient de ces plateaux mobiles est que les eaux de lavage de la cour descendent dans le sous-sol. Pour nous, qui avons vu essayer sans succès bien des moyens, nous pensons que le mieux est simplement de récolter l'eau qui peut passer dans le joint et on y arrive par le procédé que nous représentons figure 1321.

FERMETURES EN FER

PERSIENNES MÉTALLIQUES EN FER ET BOIS

Les persiennes en bois repliées sur la façade présentaient cet inconvénient grave de salir promptement l'emplacement qu'elles occupaient ; la pluie et la poussière passant entre les lames venaient dessiner le volet sur le plâtre ou sur la pierre. De plus ces persiennes très lourdes, pendues sur gonds à scellement, fatiguaient beaucoup surtout lorsque par les grands

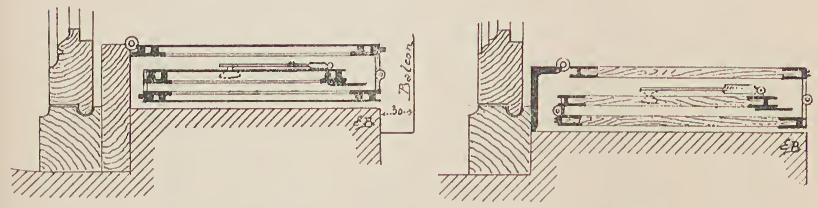


Fig. 1322.
Persienne en fer sur tapée en bois.

Fig. 1323.
Persienne fer et bois sur tapée en fer.

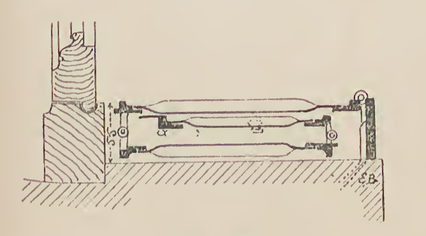


Fig. 1324.
Persienne ferrée au bord du tableau.

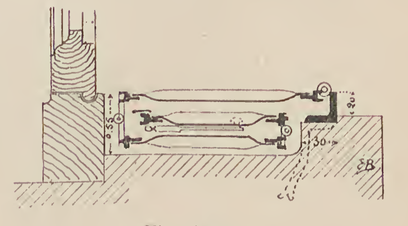


Fig. 1325.
Persienne entaillée dans le tableau.

vents on avait oublié de faire fonctionner les arrêts. Ouvertes, elles étaient en outre d'un effet désastreux sur l'ensemble d'une maison.

Ordinairement à deux vantaux, nous avons dit qu'elles se

reployaient à l'extérieur, mais cela ne pouvait convenir que pour de petites baies, aussitôt qu'on arrivait à certaines dimensions, on était forcé de se passer de persiennes, ou bien de les faire brisées et de les reployer en tableau où elles formaient un lourd et disgracieux paquet.

Il en est tout autrement avec les persiennes en fer que l'on fabrique actuellement ; elles se logent en tableau et se ferrent sur tapées en bois (fig. 1322) ou sur cornières (fig. 1323). Elles peuvent encore être ferrées sur fer plat ou cornière placé au bord extérieur des tableaux (fig. 1324). Enfin nous donnons (fig. 1325) une disposition dans laquelle le tableau est refouillé pour recevoir le paquet de persiennes.

Ces persiennes, ferrées sur tapées en bois ou sur cornières, ne diminuent la baie que de :

0,08	pour	4	vantaux
0,11	—	6	—
0,14	—	8	—

c'est-à-dire qu'on doit ajouter 0m,015 de chaque côté par paire de lames en plus. Ainsi, par exemple, pour 10 lames on aura : 0m,14 + 0m,03 = 0m,17, ce qui revient à une tapée faisant saillie de 0m,085 sur le tableau.

Cet inconvénient n'existe plus avec le tableau refouillé (fig. 1325), la baie conserve presque entièrement sa largeur.

On fabrique encore des persiennes mixtes en bois et fer ; les lames sont en pitchpin ou en chêne, elles sont ferrées comme les précédentes sur tapées en bois ou sur cadre métallique. La place occupée est légèrement plus grande, elle est sur chaque tableau de 0m,050 pour 4 lames ou vantaux ; 0m,070 pour 6 vantaux ; 0m,090 pour 8 vantaux ; et enfin 0m,020 de chaque côté pour paires de vantaux en plus.

Fig. 1326. Persienne à lames mobiles.

On comprend que pour éviter un grand nombre de vantaux — ce qui augmente toujours le prix — on doit toujours donner au tableau la dimension la plus grande possible, et, si on est restreint, employer de préférence le ferrage sur tapée fixée sur le dormant, ce qui permet de tenir le tableau de 0m,03 plus étroit que si on voulait ferrer les persiennes sur cadre placé au bord extérieur du tableau.

Cette donnée s'applique également aux persiennes tout en fer.

On fait encore des persiennes à lames mobiles présentant les mêmes avantages que les jalousies, c'est-à-dire que les lames articulées peuvent s'incliner suivant un angle quelconque et permettent d'obtenir une fermeture complète ou le maximum d'introduction de lumière, moins la place occupée par la plus faible dimensions des lames (fig. 1326).

MENUISERIE MÉTALLIQUE

Depuis longtemps déjà, les constructeurs se sont préoccupés des graves inconvénients que présente l'emploi du bois dans les bâtiments. On ne peut empêcher le bois de jouer, c'est bien entendu, mais de plus avec notre besoin de vivre vite, de construire à toute vapeur et surtout d'édifier économiquement, nous ne pouvons obtenir de bois secs.

Nous en sommes donc réduits en général à nous contenter d'une menuiserie défectueuse, qui se disloque en tous sens sous l'influence des variations atmosphériques, à laquelle il faut fréquemment donner des jeux et qui bientôt n'est plus qu'une fermeture morale, l'air passant en toute liberté dans les innombrables fissures que produit le retrait du bois en séchant.

Ces inconvénients ont amené les constructeurs à remplacer le bois par du fer. Dans nos climats, la dilatation linéaire maximum du fer étant d'environ $0^{m},001$ par mètre, pour une croisée d'un mètre, on n'a donc à craindre qu'un jeu d'un millimètre au plus, tandis que dans une croisée en bois le retrait atteint parfois 10 millimètres, et ce, en agissant seulement dans le sens transversal du bois c'est-à-dire pour la largeur, sur les montants seulement, puisque la dilatation dans le sens longitudinal est une quantité négligeable.

Mais il faut bien l'avouer, l'emploi de la menuiserie en fer n'est pas encore sérieusement entré dans la pratique. La cause en est au coût beaucoup plus considérable, et on préfère encore l'économie immédiate que présente l'emploi du bois aux avantages qui résulteraient, comme durée et herméticité, de la menuiserie métallique.

Quoi qu'il en soit, comme nous n'avons pas, ici, à tenir compte du prix de revient, mais seulement de rechercher et étudier les procédés de construction les meilleurs, nous examinerons ces nouveaux produits de l'industrie du bâtiment.

Ne pouvant passer en revue tous les systèmes, nous choisissons comme exemple celui de M. Mazellet.

Ce constructeur emploie une série de fers spéciaux qui se

prêtent à toutes les combinaisons pour fenêtres, grandes verrières, vérandahs, devantures, etc., en partie droite comme en partie cintrée.

La faible dimension des éléments permet d'obtenir une surface éclairante plus considérable ; leurs formes et leur dilatation presque nulle, une herméticité parfaite.

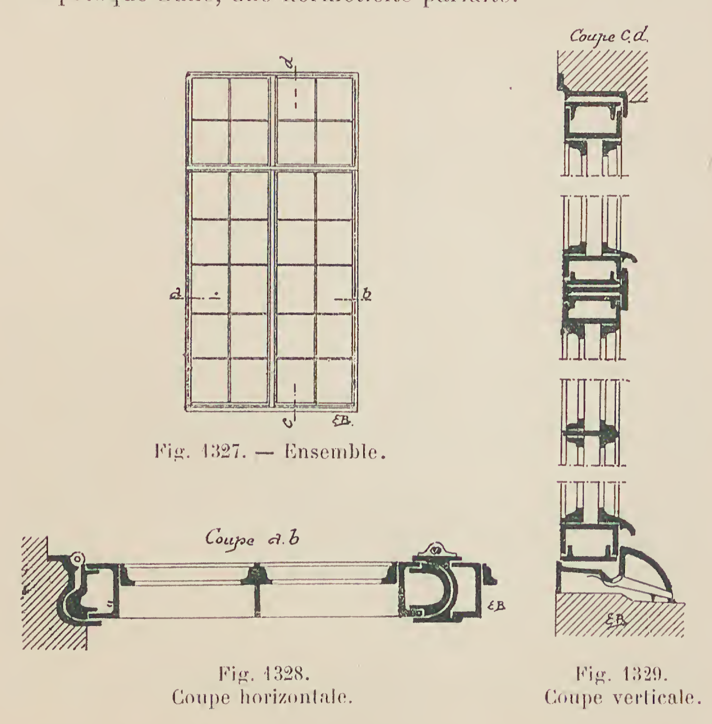


Fig. 1327. — Ensemble.

Fig. 1328.
Coupe horizontale.

Fig. 1329.
Coupe verticale.

Nous prenons pour exemple une fenêtre avec imposte (fig. 1327), qui donne les différents cas d'assemblages pour parties verticales ou horizontales dont nous reproduisons les sections (fig. 1328, 1329) et évitons ainsi une longue description.

FERMETURES DE MAGASINS

Les anciennes fermetures en bois, aujourd'hui presque entièrement abandonnées, étaient de deux sortes :

Premièrement, la fermeture composée de volets portatifs variant de $0^m,30$ à $0^m,50$ de largeur, suivant la hauteur à fermer.

On fait varier cette dimension de manière à ne donner au volet qu'un poids de 8 à 10 kilogrammes au maximum.

Ces volets, ordinairement faits en sapin de $0^m,027$ d'épaisseur avec encadrement et traverse en chêne, sont ferrés de deux pannetons par le haut et portent en bas un œil cerné d'une platine pour passage d'un boulon à clavette.

Ce mode de fermeture dont les éléments sont lourds et difficiles à transporter, exige en outre un emplacement spécial pour loger les volets, soit dans les caissons, qui sont alors volumineux, soit à l'intérieur du local à fermer. De plus, il oblige à opérer la fermeture de l'extérieur par les plus mauvais temps, et est un risque perpétuel de bris de glaces.

L'autre système de fermeture en bois est un perfectionnement du premier, c'est celui dit : volets brisés.

Les volets brisés, composés d'éléments semblables aux volets portatifs, sont assemblés entre eux par des charnières placées intérieurement et extérieurement pour permettre à la fermeture de se reployer en groupe à la manière d'un paravent. Développés pour clore le magasin, ils sont solidarisés par une barre de fer qui embrasse la totalité des éléments, s'appuie à chaque volet dans un crochet à charnière (ce crochet, au moment de replier la fermeture, vient se loger dans une entaille préparée exprès), et fixée à crochet dans le côté du caisson et de l'autre par un boulon à clavette dans la devanture. Le magasin ouvert, le groupe formé par les volets vient se reployer dans le caisson.

Ce système, bien que très préférable aux volets mobiles, ne laisse pas d'avoir de sérieux inconvénients ; il oblige à une ferrure très solide et par conséquent coûteuse, il nécessite des caissons de grande largeur, car la saillie réglementaire des devantures ne dépassant pas $0^m,16$, on ne peut pas multiplier le nombre de feuilles, et il arrive souvent qu'on est obligé de prendre la place du caisson au préjudice de la largeur libre de la devanture qui se trouve réduite d'autant, d'où une moins-value très appréciable. Enfin, comme la fermeture à volets mobiles, la fermeture à volets brisés nécessite pour la porte des volets portatifs avec pannetons à agrafes et boulons à clavettes.

Nous décrivons à la *Menuiserie* ce genre de volets, mais quoique nous soyons certains que ces fermetures ont fait leur temps, il nous a paru nécessaire d'en rappeler brièvement les grandes lignes et aussi les défauts pour permettre d'apprécier l'immense progrès que l'introduction du métal a fait faire à cette importante partie du bâtiment.

Ce n'est guère que depuis une trentaine d'années que les résultats obtenus permirent aux fermetures métalliques d'entrer dans la pratique ; les systèmes à crémaillère, à vis et à chaîne, qui, perfectionnés, sont avec le système anglais en acier ondulé, généralement employés de nos jours.

Ne considérant que la fermeture seule, on peut admettre trois espèces : 1° les fermetures composées de lames en tôle coulissant les unes contre les autres ; 2° les fermetures ondulées d'une seule pièce ; 3° enfin les fermetures formées d'éléments articulés.

Fermetures à lames. — Par ordre d'ancienneté, nous trouvons d'abord la fermeture système Maillard, composée de lames horizontales bordées de cornières. Les lames glissent dans les rainures arrêtées qui maintiennent chacune à la place qu'elle doit occuper ; butée par la feuille supérieure, la lame ne peut être soulevée qu'après que celle inférieure a déjà fait une certaine course et ainsi de suite, tout comme un rideau de cheminée.

Le système proprement dit, ou mouvement, réside dans deux grandes vis verticales placées aux deux extrémités de la devanture, réunies entre elles et commandées par un arbre horizontal portant pignons d'angle.

La lame inférieure porte à chacune de ses extrémités un écrou engagé sur la vis verticale dont l'une est actionnée par deux roues dentées d'angle que met en mouvement une manivelle ; par l'arbre, le mouvement est transmis à la seconde vis, et la première lame se trouve soulevée. Cette première lame, après une course égale à sa largeur, soulève la seconde qui soulève la troisième et ainsi de suite ; enfin le groupe formé par la réunion des lames vient se dissimuler derrière le tableau d'enseigne.

Ce système est sans danger au cours de l'opération du relevage ou de la fermeture, on comprend que le poids seul des lames pressant sur les écrous ne peut faire tourner la vis ; il a de plus l'avantage, lorsque la manœuvre est intérieure, de ne nécessiter aucun verrou ni clavetage.

Dans d'autres systèmes on a substitué la chaîne à la vis. A la partie supérieure un arbre de couche porte deux poulies qui reçoivent les chaînes ; ces chaînes passent à leur partie inférieure dans d'autres poulies et sont attelées sur la dernière feuille de tôle ; une des chaînes, mise en mouvement par une roue dentée et une vis sans fin, transmet son action à l'autre chaîne au moyen de l'arbre horizontal et la feuille inférieure

soulève celles supérieures qui viennent toutes se loger derrière le tableau.

Nous aurions encore de nombreux systèmes à citer, notamment l'emploi de la pression hydraulique, de l'air comprimé et enfin du contrepoids.

On comprend que l'idée du contrepoids a dû s'imposer à l'esprit du constructeur, mais la difficulté était que la feuille inférieure étant feuille motrice puisque seule elle était actionnée, il en résultait que le poids à soulever était variable et augmentait au fur et à mesure que les lames reposaient les unes après les autres sur la première. Cet inconvénient était grave, surtout pour les devantures de grande hauteur et la manœuvre en était fort pénible. Le contrepoids trop fort au commencement du relevage devenait trop faible dès qu'on avait plusieurs lames à soulever.

Le problème se posait donc ainsi : atteler le contrepoids sur chacune des feuilles de la fermeture, ou, n'actionnant que la première feuille, en rendre toutes les autres solidaires.

Le système J. Chédeville (Dufrêne et Jacquemet, successeurs) répond à toutes les données du problème et en outre présente l'avantage d'une grande accélération de vitesse.

Comme nous le disons plus haut, dans les fermetures ordinaires à lames horizontales, soit à chaînes soit à vis, l'effort nécessaire à la manœuvre augmente à chaque feuille soulevée au moment où elle ne repose plus dans sa coulisse, puisque toutes, à fond de course, la fermeture ouverte, sont portées ou soutenues par la feuille inférieure.

Equilibrer le poids des feuilles est évidemment ce qui s'est présenté à l'esprit de beaucoup de constructeurs, mais c'est là un des cas où poser le problème ne suffit pas pour le résoudre ; des contrepoids pour chaque feuille nécessiteraient une quantité de galets et de chaînes encombrante, sans compter le manque de place et la prompte usure par des frottements inévitables.

Marier les feuilles entre elles et les équilibrer à l'aide d'un seul contrepoids par côté est le problème que s'est posé et a résolu très pratiquement M. Chédeville. Voici la description de son système (fig. 1330, 1331, 1332).

La fermeture est à lames d'inégales largeurs et reliées entre elles par des croisillons articulés également inégaux, c'est-à-dire proportionnels aux différentes largeurs de lames ; cette disposition a pour but de faire durer le temps de la course de chaque feuille aussi longtemps que la course totale de la lame inférieure. En effet, aussitôt que la première lame est soulevée par

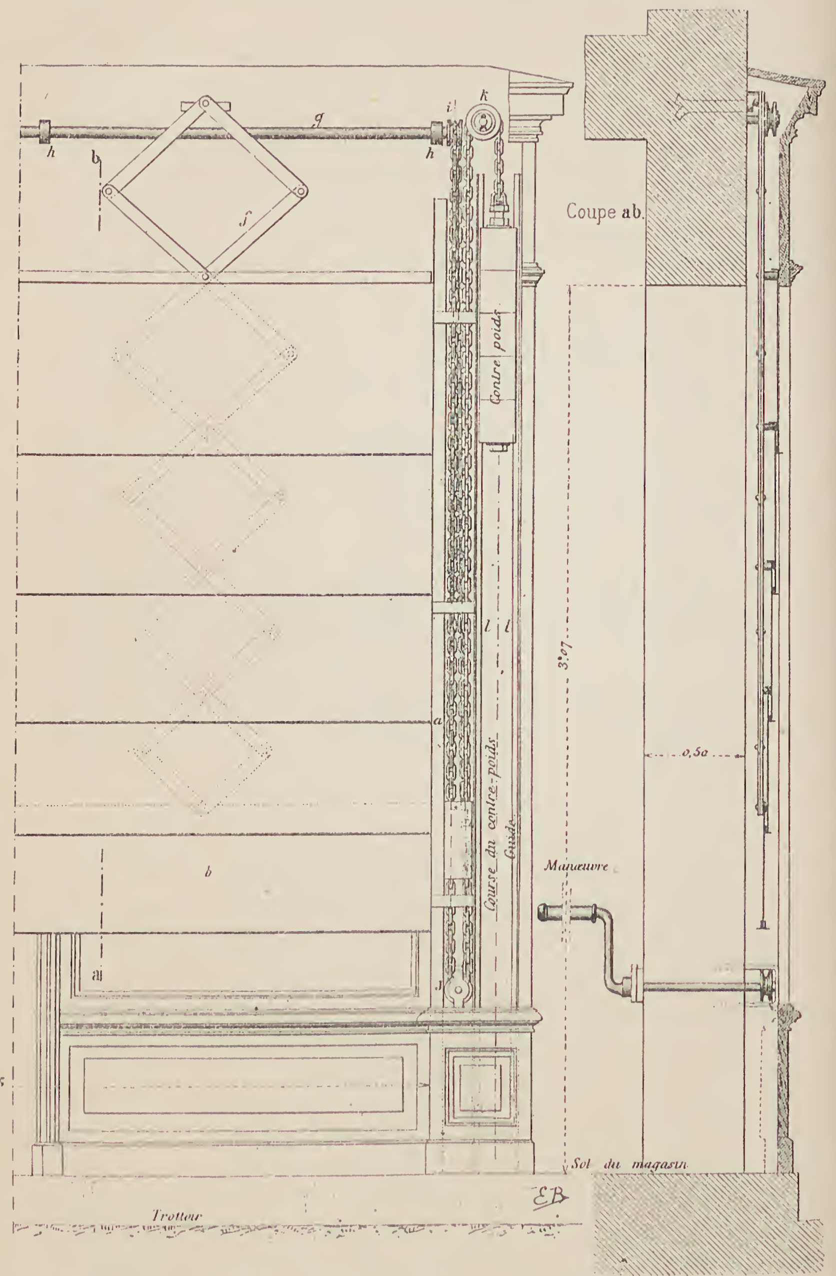


Fig. 1330. 1331. — Fermeture à contrepoids et croisillons articulés (système Chédeville).

la chaîne, les autres sont relevées proportionnellement par le parallélogramme multiple formé par le croisillon, et ainsi le contrepoids a toujours la même charge à équilibrer puisque la première feuille actionne la seconde, qui actionne la troisième et ainsi de suite, le poids reste constant et le mouvement ascensionnel seul va en diminuant de la première à la dernière feuille puisqu'il faut que la première parcoure par exemple $2^{m},50$ tandis que la cinquième, dans le même espace de temps, ne parcourra que $0^{m},40$ environ. Voici d'ailleurs les formules usuelles dont se servent les constructeurs :

Pour 4 feuilles $\frac{H + 0,44}{4} + 0,05$

Pour 5 feuilles $\frac{H + 0,66}{5} + 0,05$

Pour 6 feuilles $\frac{H + 0,90}{6} + 0,05$

Pour 7 feuilles $\frac{H + 1,19}{7} + 0,05$

Pour 8 feuilles $\frac{H + 1,52}{8} + 0,05$

Dans ces formules, H est la hauteur à fermer. La diminution des feuilles se fait de $0^{m},04$ en $0^{m},04$. Les croisillons diminuent de $0^{m},025$.

Le nombre des feuilles est déterminé par la hauteur disponible du tableau derrière lequel doit se dissimuler la plus grande feuille qui, suivant la hauteur à fermer, est obtenu, par une des formules ci-dessus.

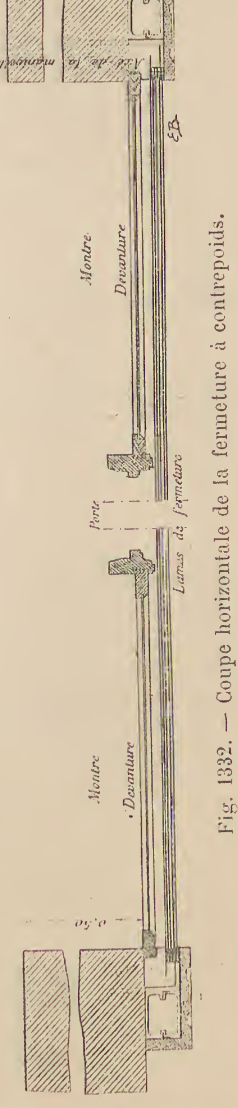


Fig. 1332. — Coupe horizontale de la fermeture à contrepoids.

Exemple : Supposons que nous avons à fermer un magasin dont la hauteur libre entre tableau et cymaise est $2^{m},50$ et celle

du tableau $0^m,70$. Tablant sur cinq feuilles, nous aurons : $\frac{2.5 + 0.66}{5} + 0,05 = 0,632$. Les feuilles diminuant de $0^m,04$ en $0^m,04$ la seconde feuille aura $0^m,592$, la troisième $0^m,552$, la quatrième $0^m,512$, la cinquième $0^m,472$, soit en tout $2^m,76$. Si maintenant nous défalquons $0^m,05$ de recouvrement par feuille, nous trouvons $2^m,51$, soit la hauteur à fermer plus 2 millimètres de jeu supplémentaire par feuille.

Les coulisses *a* arrêtées pour limiter la course de chaque feuille sont formées d'un fer en forme de F, placées les unes contre les autres et rivées ensemble. La lame du bas *b*, qui est

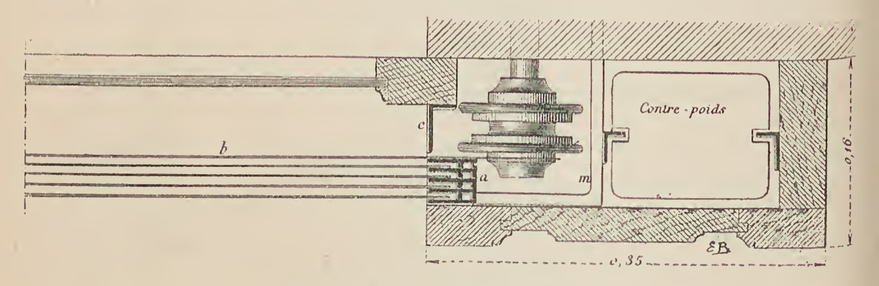


Fig. 1333. — Détail du caisson.

directement commandée, dépasse pour permettre l'attache de la chaîne de manœuvre et celle du contrepoids, elle coulisse entre le dos du groupe de fers en F et une large cornière *c* de calfeutrement, fixée sur la devanture (fig. 1333).

Dans les devantures de grande largeur, pour éviter le flambement des lames, on rapporte un ou plusieurs guides intermédiaires *d*.

Ces guides sont entaillés dans la menuiserie (fig. 1334) et

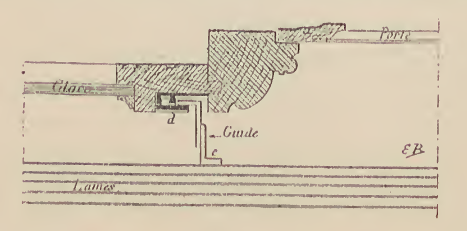


Fig. 1334. — Détail du guide du milieu.

composés d'un fer en F recouvert d'un fer plat pour former coulisse ; le guide *e* est fait de deux bouts de cornière assem-

blés, ou en fer forgé coudé, et fixé sur la première feuille *b*.

Les losanges *f*, disposés comme l'indique notre dessin, sont en acier doux, fixés sur la rive de chaque lame ils peuvent être, en cas de réparation nécessaire, démontés et remontés sans être obligé de déposer les glaces ; représentée en mouvement, on voit que la première feuille soulevée a déjà contracté l'ensemble du système losangé, et, par suite, élevé proportionnellement chaque feuille ; la descente se fait absolument de même en sens inverse.

Le mouvement de cette fermeture se compose d'un arbre de couche *g* placé horizontalement sous la corniche, supporté par des potences *h* et portant à chaque extrémité une poulie ou galet à gorge *i* dans lequel vient passer la chaîne de manœuvre : cette chaîne fixée à la partie supérieure de la première feuille s'engrène dans la poulie supérieure et vient passer en bas dans une deuxième poulie *j* dont l'axe de rotation est perpendiculaire au mur de façade et qui porte l'arbre de manivelle, puis vient s'atteler à la partie inférieure de la première lame. Du côté opposé à la manœuvre, les poulies inférieures et supérieures étant axées dans le même sens, la chaîne se trouve avoir ses deux parties parallèles, tandis que du côté du mouvement elle se trouve contrariée d'un quart de cercle.

Les contrepoids attelés sur la partie supérieure de la saillie de la lame inférieure passent dans les poulies *k* et viennent coulisser entre les guides en cornières *l* (fig. 1330) fixés, l'un sur la boiserie du caisson et l'autre sur des équerres à scellement *m* qui portent en même temps les coulisses *a* des lames.

La fermeture ainsi construite et bien équilibrée par ses contrepoids n'a, pour fonctionner, que de simples frottements à vaincre et la manœuvre pour une hauteur moyenne se fait en *neuf* tours de manivelle.

Dans nombre de magasins entièrement isolés des immeubles où ils se trouvent, c'est-à-dire ne comportant pas d'autre pièce ayant accès du dehors ou sur cour, on se trouve forcé soit par l'absence de soubassement soit, par son peu de hauteur, de pratiquer dans la fermeture une ouverture d'accès, dite porte de nuit.

C'est une entaille qui coupe presque entièrement la lame inférieure, c'est-à-dire celle qui est soumise au plus considérable effort puisqu'elle doit remonter l'ensemble de la fermeture, aussi, malgré les soins que prennent les constructeurs de doubler et d'armer la section non coupée, on voit souvent ces lames se trancher au bout de peu de temps.

Nous ne voulons pas cependant appeler l'attention sur le mal

sans essayer d'indiquer un remède, nous croyons qu'il serait pratique, dans les cas où il est indispensable de pratiquer une porte de nuit, de soulager la lame inférieure au point affaibli.

On pourrait, par exemple, dans les systèmes qui comportent un arbre de couche, adapter sur la lame inférieure une bande de ressort qui viendrait s'enrouler sur l'arbre ; la bobine cylindrique présentant l'inconvénient d'activer la vitesse par suite de l'augmentation de diamètre provenant de la partie enroulée, l'enroulement pourrait se faire sur une bobine en forme de spire ce qui permettrait la même vitesse à la bande de ressort qu'à la chaîne. (Ceci n'est du reste, quant à la bande de ressort, qu'une application du système Lazon dont nous parlons plus loin.)

D'autres systèmes de rideaux en tôle pleine, à lames verticales méritent d'être cités. Nous trouvons d'abord le système de M. Jomain, dont les nombreuses applications ont suffisamment démontré la valeur. Dans cette fermeture, le mouvement est directement imprimé à l'arbre de couche par un arbre vertical mû au moyen d'une manivelle ; le mouvement est transmis en bas par une vis sans fin et une roue dentée, puis en haut, de l'arbre vertical à celui horizontal par un pignon d'angle.

Ce système est à chaîne, attelée comme dans les exemples précédents sur la feuille inférieure.

M. Jomain fabrique aussi des fermetures à contrepoids ; celui-ci, attelé au milieu du rideau métallique, ne commence à travailler que lorsque la charge à soulever devient trop lourde. Cette disposition a cet avantage de donner peu de course au contrepoids, qui peut ainsi être allongé, et par suite tenir une place très restreinte et ne nécessiter que peu de largeur aux caissons.

Le système Lazon diffère des autres par la substitution de bandes de ressort *a* à la vis ou à la chaîne. La figure 1335 montre cette disposition. Le mécanisme consiste en un arbre de couche *b*, actionné au moyen d'une vis sans fin *c*, comme le montrent les figures 1336, 1337 ; à la partie inférieure, le mouvement de la manivelle est transmis par des pignons d'angle.

Le ressort arrivé à fond de course, c'est-à-dire la fermeture entièrement développée, le cylindre sur lequel s'enroule le ressort se trouve arrêté par un cliquet *d* qui vient s'engager dans un cran préparé à cet effet (fig. 1338).

Citons encore : la fermeture à crémaillère concave que nous représentons figures 1339, 1340 ; c'est le principe de la fermeture Maillard, traité d'une manière différente.

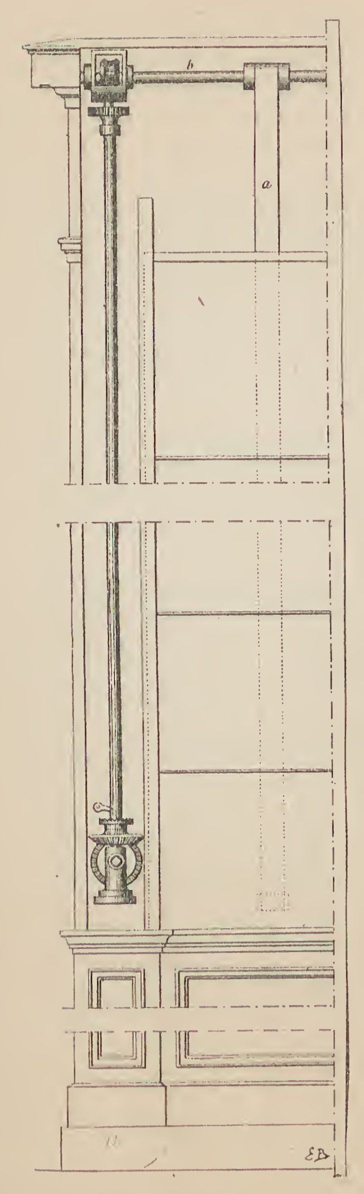


Fig. 1335. — Fermeture Lazon.

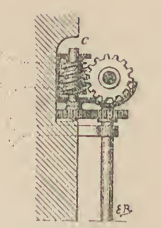


Fig. 1336.
Système Lazon.

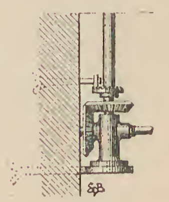


Fig. 1337.
Système Lazon.

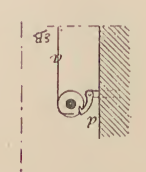


Fig. 1338.
Système Lazon.

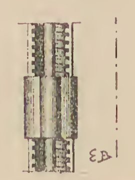


Fig. 1339. — Système à crémaillère hélicoïde.

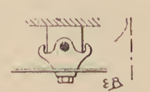
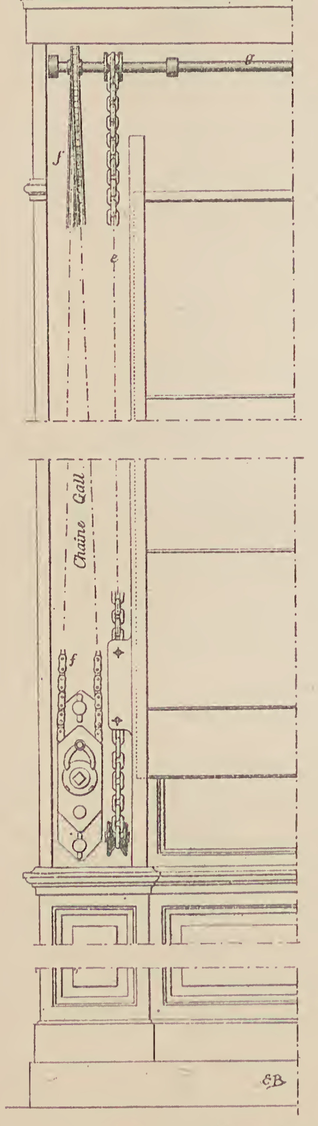


Fig. 1340. — Plan.



Le système Blache (Arnoult-Guibourgé, constructeur) est également à lames ; l'entraînement des feuilles se fait au moyen de chaînes ordinaires à maillons *e*, mais avec emploi de la chaîne Gall *f*, pour transmettre le mouvement à l'arbre de couche *g* (fig. 1341, 1342, 1343) : l'allongement des maillons, possible avec la chaîne ordinaire, est évité dans ce système, et le moteur, muni d'un frein à cliquet de sûreté, rend impossible tout accident.

Avec quelques modifications, ces fermetures peuvent être faites dans des parties cintrées, pour une rotonde par exemple.

Fermetures en acier ondulé, dites système anglais. — Ces fermetures ont été introduites en France par MM. Clark et Cie, il y a environ vingt-cinq ans. Tombées depuis peu d'années dans le domaine public, elles sont

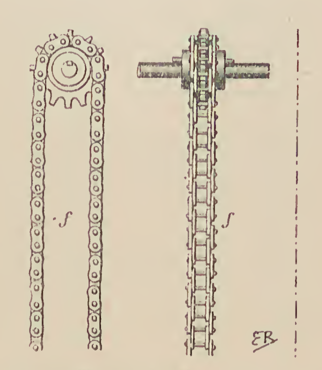


Fig. 1341, 1342, 1343. — Fermeture système Blache.

maintenant construites par tous les fabricants de fermetures.

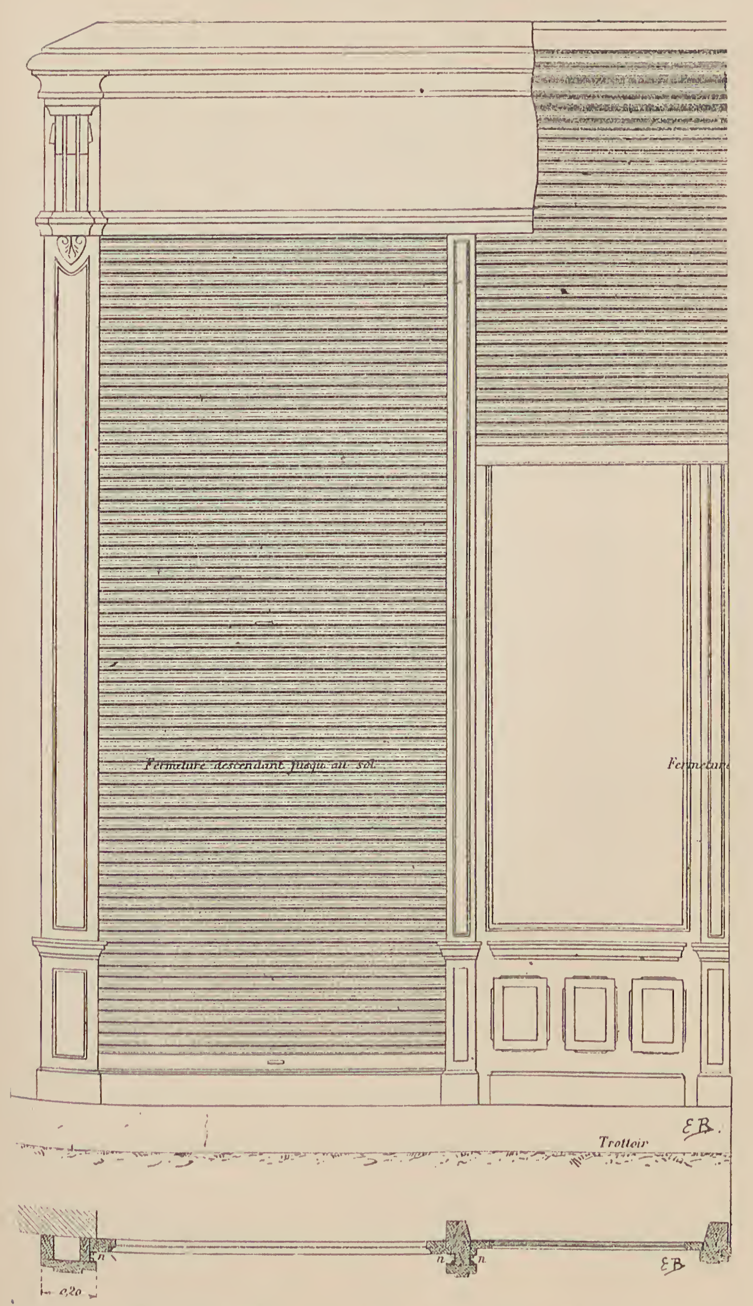


Fig. 1344, 1345. — Fermeture en acier ondulé.

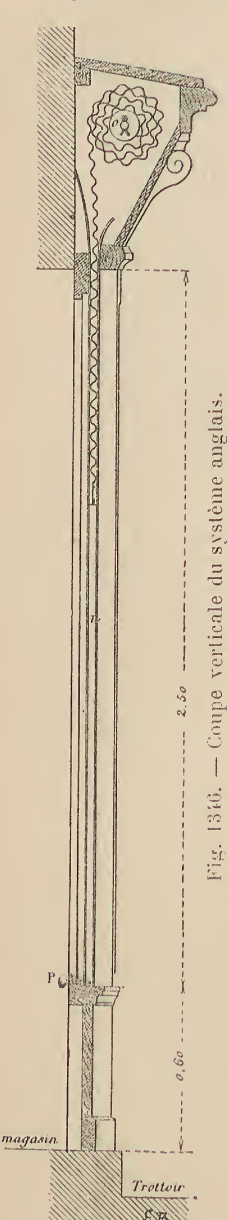


Fig. 1346. — Coupe verticale du système anglais.

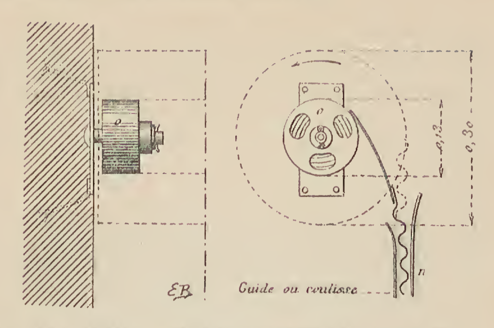


Fig. 1347, 1348. — Bobine contenant le ressort.

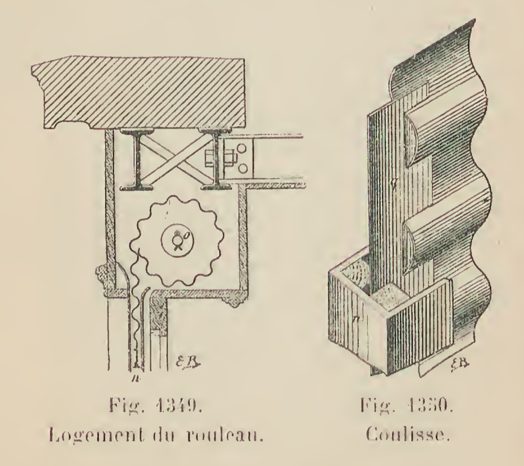


Fig. 1349. Logement du rouleau.

Fig. 1350. Coulisse.

C'est un rideau d'acier qui s'enroule aux extrémités sur deux bobines contenant de forts ressorts et qui se manœuvre sans mécanisme, guidé seulement par deux coulisses.

Nous avons choisi pour cet article un modèle dans lequel les constructeurs ont apporté un perfectionnement qui évite le bruit considérable que font ces fermetures en mouvement (Dufrène et Jacquemet).

Description. — Comme l'indique notre figure 1344, les rideaux en acier ondulé se font de préférence par parties ne dépassant pas rois mètres de largeur, parce que passé cette dimension, la fermeture n'aurait plus une rigidité suffisante.

Les feuilles d'acier ont environ de 3 à 4 dixièmes de millimètre d'épaisseur et les ondes opposées sont à 0m,02 d'axe en axe, soit 0m,04 d'axe en axe mesuré sur la même face suivant que les ondes sont dites *petites* ou *grandes*.

Les ondes sont contenues entre deux parallèles écartées de 0m,017 à 0m,018 et constituent par cette quantité de nervures juxtaposées la solidité du rideau.

Ce dernier est bordé à l'extrémité inférieure par un fer plat qui porte un petit fer ⊥ placé la crête en l'air et la feuille d'acier se trouve moisée entre le fer plat et un fer demi-rond, le tout assemblé à rivets.

C'est sur ce fer plat de bordure que se trouve placé l'œil dans lequel on introduit le crochet fixé à l'extrémité d'une hampe pour ouvrir ou fermer le magasin.

Un œil intermédiaire placé au milieu du rideau sert à imprimer au départ le mouvement ascensionnel, quand il disparaît sur le rouleau on reprend celui du bas pour achever l'ouverture.

Les guides ou coulisses (fig. 1345), dans lesquels glissent les extrémités de la fermeture, sont formés de fers U de 0m,030 × 0m,032 et 0m,0025 d'épaisseur qui sont, suivant les cas, fixés sur la menuiserie, sur les piles par trous tamponnés ou dans des rainures venues de fonte dans des colonnes.

Comme on le voit dans la figure 1346, immédiatement au-dessous du rouleau, les fers U sont refendus et les deux ailes écartées en entonnoir pour la libre introduction du rideau, éviter tout accrochage et permettre les formes diverses que prend l'acier ondulé au fur et à mesure que par l'enroulement ou le déroulement le rouleau change de diamètre.

Tout le mécanisme consiste en deux bobines *o* en fonte contenant les ressorts (fig. 1347, 1348), qui se placent à vis, soit sur pattes à scellements taraudées, soit sur les montants de caissons. Ces fermetures sont les moins coûteuses de tous les systèmes connus, et elles seraient parfaites sans l'inconvénient provenant du diamètre du rouleau qui demande une place considérable, ainsi il faut :

Pour 2m,50 à 3m,00 de hauteur	. . . .	0m,30
— 3m,00 à 4m,00 —	. . . .	0m,33
— 4m,00 à 6m,00 —	. . . .	0m,45

On est alors obligé de faire le tableau d'une forme dont nous donnons un exemple (fig. 1346) ; dans ce cas, l'enseigne se trouve inclinée et, par conséquent, plus apparente, compen-

sation qui, dans une certaine mesure, peut faire excuser le profil.

Cette disposition étant inapplicable lorsque le bandeau est en pierre, on a recherché d'autres combinaisons ; la figure 1349 est un exemple de ce qui peut être fait, si l'on peut sans préjudice sacrifier la hauteur occupée par le rouleau.

La fermeture ou fixation des rideaux ondulés se fait à la partie inférieure au moyen d'une ou plusieurs vis à tête de violon qui traversent la devanture et viennent former targette sur le fer **T** qui borde le fer plat.

Montage et pose. — Les bobines doivent être placées parfaitement de niveau, leur axe occupant bien exactement le centre du rouleau complet ; les ressorts étant préparés, droite et gauche, on les place à volonté, soit pour que l'enroulement se fasse du côté du mur de façade, soit vers l'extérieur.

On doit tenir l'écartement des platines portant les bobines *o* de $0^{m},02$ plus grand que l'écartement du fond des coulisses ; ces 2 centimètres représentent les jeux nécessaires à l'enroulement du rideau.

Les coulisses *n* en fer U sont placées parfaitement d'aplomb en tenant compte de ce qui est dit pour l'écartement des platines de bobines.

Le rideau est alors enlevé tout roulé, on engage la partie inférieure dans les coulisses, puis on laisse descendre, il ne reste plus alors qu'à attacher l'acier ondulé sur les bobines au moyen de vis et enlever avec précaution les goupilles qui maintenaient les ressorts tendus.

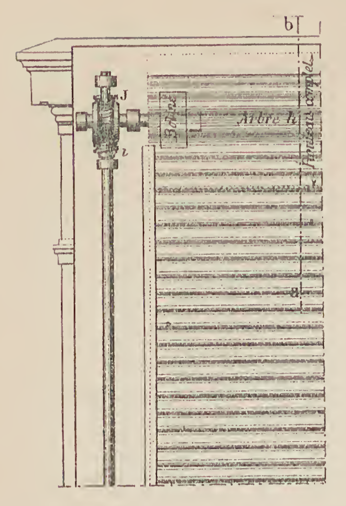
Ce qui précède s'applique aux fermetures dites système anglais en général, nous examinerons maintenant le système de coulisse qui caractérise le système « silencieux ».

Nous avons dit que ces fermetures étaient bruyantes.

Ce bruit provient de la vibration du rideau métallique frottant à ses extrémités sur les guides en fer ; mais le bruit n'était pas le seul inconvénient, les ondes glissant dans les coulisses s'usaient par le frottement et, l'oxydation aidant, étaient promptement hors d'état de bon fonctionnement.

Le système « silencieux » est en tout construit comme le système anglais ordinaire, à cette différence près que les rives sont garnies d'un ressort *q* rivé, qui glisse entre deux coulisses de charme qui garnissent le guide, ainsi que nous le représentons en perspective (fig. 1350) et en élévation et plan (fig. 1351, 1352).

Ainsi accompagnée, la fermeture est absolument silencieuse.



mais on peut peut-être trouver dans ce perfectionnement d'autres avantages :

1° Il évite l'allongement possible du rideau par suite de l'ouverture des ondes, allongement qui équivaut à une détente des ressorts;

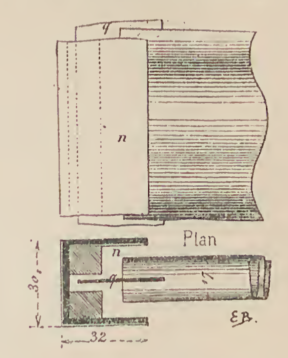
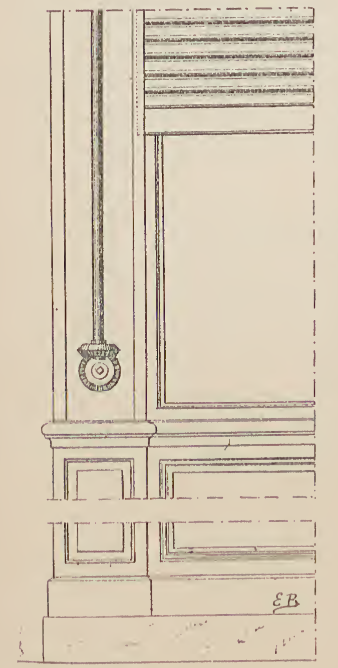


Fig. 1351, 1352. — Coulisse-guide.

2° Il permet, pour la même raison, la fermeture de bas en haut en logeant le rouleau dans la cave ou le sous-sol et en opé-



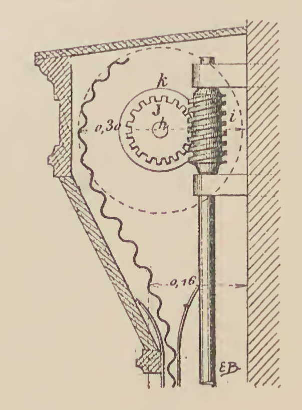


Fig. 1353, 1354. — Système Paccard, sans ressorts.

rant la fermeture par des contrepoids, qui, agissant sur les

ressorts, ne risqueront pas d'allonger et de déformer le rideau;

3° Enfin, l'acier ondulé n'étant jamais en contact avec les guides, est garanti contre le danger d'usure.

La surface se compte : pour la largeur entre guides ou coulisses; pour la hauteur : de la cymaise ou du seuil jusqu'à l'axe du rouleau, plus $0^m,15$ pour la partie enroulée.

Il nous reste, pour terminer, à parler des systèmes ondulés comprenant des dispositions spéciales.

Les fermetures système Paccard jeune, de Lyon, sont en acier ondulé comme le système anglais, les coulisses sont construites de même façon ; seul, le moteur, au lieu d'être un ressort contenu dans une bobine, est composé d'un arbre de couche *h*,

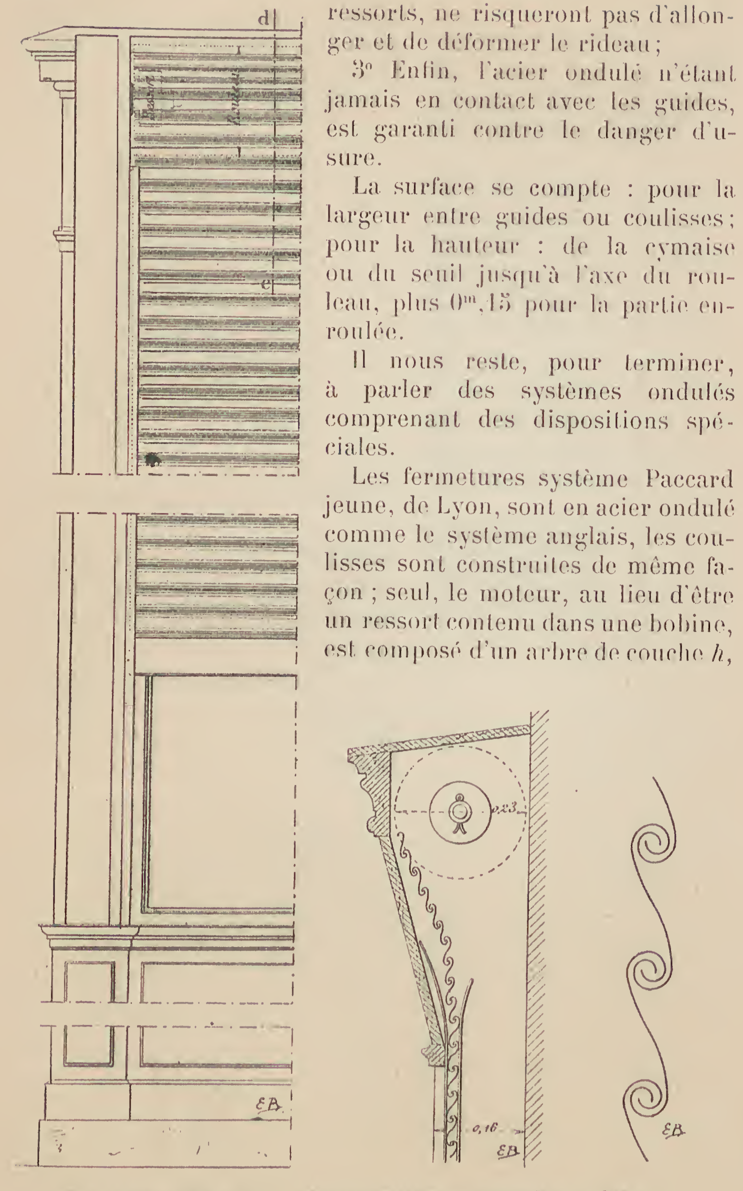


Fig. 1355, 1356, 1357. — Système Noirel. Ensemble et détails.

actionné par un arbre vertical qui lui transmet le mouvement

au moyen d'une vis sans fin *i*, et d'une roue dentée *j* (fig. 1353, 1354).

L'enroulement se fait sur des bobines *k*, fixées sur l'arbre de couche.

Ce système, que nous représentons appliqué à un magasin, nous paraît mériter une attention particulière, au point de vue de son application à la fermeture de baies à verres fixes ; il présente en effet cet avantage, dû à son mécanisme, de pouvoir être fermé de l'intérieur, et son diamètre de 0,30 pour une devanture, se trouverait considérablement réduit, dans la fermeture d'une fenêtre.

Le système de M. Noirel, de Nancy, est du même genre que les fermetures système anglais ; montées sur bobines à ressort, elles se manœuvrent de la même façon (fig. 1355, 1356).

Le rideau seul est différent, composé d'éléments en forme de S (fig. 1357), engagés les uns dans les autres, il est essentiellement flexible et la petite dimension des parties qui peuvent être contenues dans un rectangle de 16 mm. × 50 mm., permet l'emploi de coulisses en fer ⊔ de 25 mm. × 25 mm. et ne donne au rouleau par une fermeture de $2^m,50$, que $0^m,22$ de diamètre, au lieu de $0^m,30$ que réclame le rideau ondulé.

RIDEAUX DE THÉATRES

On construit pour le théâtre quatre sortes de rideaux métalliques : 1° le rideau maille ordinaire ; 2° le rideau triple maille ; 3° le rideau à encadrement ; 4° le rideau plein.

1° Le rideau maille ordinaire est le plus économique. Il consiste en un simple encadrement en fer rond, sur lequel est tendu un grillage dont les mailles varient de $0^m,025$ à $0^m,060$. Ce rideau n'entrave en rien la circulation de l'air, ne s'oppose pas au passage de la flamme dans le cas d'une aspiration ou d'une poussée d'air énergique — telle que la produirait l'effondrement d'une toiture, — et il est d'autre part trop faible pour recevoir sans se rompre un choc provenant d'une poutre ou d'une solive tombant des cintres et rebondissant sur sa surface (fig. 1358).

2° Le rideau à triple maille consiste en deux bâtis identiques en fer demi-rond, se juxtaposant l'un sur l'autre et retenant entre eux une forte toile métallique à mailles de 3 millimètres de côté protégée des deux côtés par de solides treillis tendus sur les deux faces des bâtis. Dans ce rideau, quelle que soit la poussée d'air, la flamme ne peut traverser plus qu'elle ne tra-

verse la toile fine de la lampe du mineur, et le double treillis réuni à la toile oppose une résistance plus sérieuse à la chute des débris (fig. 1359).

3° Le rideau à encadrement offre la disposition des toiles et treillis ci-dessus et comporte comme complément un cadre en tôle ayant pour but de préserver le lambrequin et les montants d'avant-scène de l'effet trop immédiat de la chaleur; d'empêcher qu'au niveau du plancher de la scène les débris incandescents accumulés rongent trop rapidement les mailles et surtout de provoquer un courant d'air plus énergique au centre du même rideau (fig. 1360).

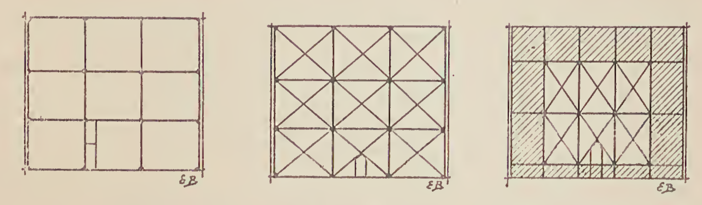


Fig. 1358, 1359, 1360. — Rideaux de théâtres.

4° Le rideau plein en tôle se construit de plusieurs manières. Il en a été proposé de différents genres, soit en lames parallèles se soulevant l'une par l'autre comme les devantures de magasin ; soit en tôle ondulée et d'une pièce, se roulant sur un gros tambour placé au-dessus du cadre d'avant-scène ; soit en tôle ordinaire ou ondulée montée sur des bâtis en fer demi-rond ou plat manœuvrant en une ou deux pièces. Tous ces divers systèmes rendus peu praticables par une excessive lourdeur et dont le but serait d'empêcher la fumée et le gaz d'envahir la salle s'exécutent, mais n'ont pas encore — et ce heureusement — donné la mesure de leur efficacité.

Voici quelques observations d'un spécialiste que nous copions dans la « Construction lyonnaise » :

« Les derniers sinistres survenus à Nice et à Vienne sont venus prouver que le danger le plus grand auquel il soit urgent de soustraire le public consiste non dans le feu lui-même, mais bien dans l'asphyxie. Il importe donc de traiter la construction de l'ensemble du bâtiment au point de vue de l'aération et des courants à établir pour entraîner, au moment du sinistre et dans un sens déterminé, la fumée et l'oxyde de carbone qui envahissent immédiatement la salle et les couloirs et s'y immobilisent...

« Peu de dispositions spéciales seraient nécessaires pour arri-

ver à ce résultat, car si nous considérons la coupe du théâtre moderne, nous voyons que le décrochement des toitures de la salle et de la scène ainsi que la surélévation des murs de celle-ci, la coupe d'un théâtre représente de tous points celle d'un four gigantesque dont la scène devient la cheminée ; or, la fumée peut-elle s'accumuler ou séjourner dans un four lorsque vous ouvrez la porte de celui-ci ? Évidemment non. La fumée et le gaz, quelle que soit leur pesanteur, sont immédiatement entraînés par le courant qui s'établit de la bouche du four vers l'orifice d'échappement.

« Que manque-t-il donc à un théâtre pour obtenir un semblable résultat ? De larges issues dans les combles de la scène et une prise d'air dans la salle : le tout établi dans des données qui correspondent au volume des gaz pouvant se développer pendant l'incendie. En un mot, il faut établir un courant violent de la salle vers la scène ; le favoriser par tous les moyens possibles. Le feu, il est vrai prend rarement dans la salle, mais il peut y prendre ; il peut enfin s'y communiquer par les lambrequins ou par l'avant-scène avant la descente du rideau...

« Élevez les murs de vos scènes jusqu'au maximum possible. Couvrez la toiture des cintres avec des volets bascules à déclenchement ; disposez vos prises d'air de la salle de façon à ce qu'elles se puissent ouvrir sur un simple appel, ainsi que vos ouvertures des combles de la scène, tous appareils très simples à disposer, et alors, en cas de sinistres, le résultat sera immédiat, la fumée et le gaz se précipiteront vers les issues que vous leur aurez largement ménagées. »

L'auteur de ces réflexions, M. Diosse, à la compétence duquel nous rendons hommage, n'est pas partisan des rideaux pleins. Pourtant on n'en fait guère d'autres à présent, et pour nous, qui ne demandons guère au rideau métallique que de retarder ou de calmer la panique, c'est-à-dire une protection morale, nous croyons que le rideau plein est préférable, il évite la vue immédiate de l'embrasement de la scène que permet le rideau à jour. Et si l'on veut faire de la scène une immense cheminée en cas d'incendie, il suffit de ménager la possibilité d'introduction de l'air dans la partie inférieure de la scène, on n'aura pas alors à craindre que le rideau plein soit arraché par le puissant appel résultant des cintres en feu.

Nous compléterons ce rapide aperçu par quelques mots sur l'accrochage et la manœuvre des rideaux métalliques.

On suspend généralement les rideaux par des cordages en chanvre disposés comme l'indique notre figure 1361. Le châssis

est guidé latéralement par deux tringles en fer rond de $0^m,030$ de diamètre environ.

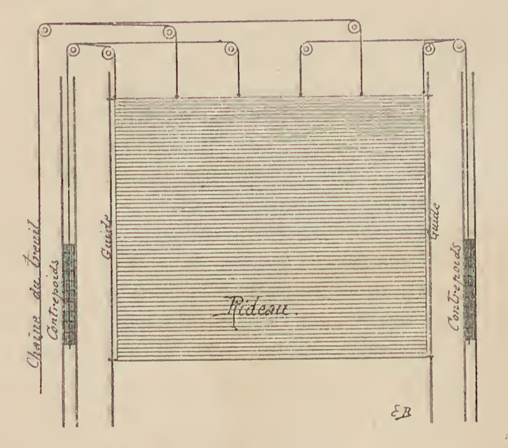


Fig. 1361. — Rideau plein.

Les rideaux pleins sont parfois équilibrés et montés de même avec un treuil. Dans plusieurs théâtres on a aussi employé les systèmes hydrauliques semblables aux ascenseurs.

CHAPITRE XII

PLOMBERIE D'EAU ET SANITAIRE

Service d'eau. — Robinets de jauge. — Réservoirs. — Colonnes montantes. — Compteurs à eau. — Diamètres des canalisations. — Nourrices. — Formules pour calculer les tuyaux. — Appareils filtrants. — Bougies, filtrages intérieur et extérieur. — Filtres sans pression.

Robinets. — Robinets d'arrêt. — Robinets de jauge. — Robinets à vis. — Robinets à repoussoir. — Robinets à genouillère. — Robinets à col de cygne.

Siphons, bondes, etc. — Siphons d'éviers et de vidoirs. — Siphons en S. — Siphon à panier. — Siphons horizontaux. — Siphons déversoirs. — Bondes siphoïdes. — Tampons hermétiques. — Matières propres à employer pour les siphons. — Qualités que doivent présenter les siphons. — Plongée.

Evacuation des eaux et matières nuisibles. — Fosses filtrantes. — Puisards absorbants. — Tout à l'égout. — Évacuation des eaux pluviales. — Canalisation. — Branchement d'égout. — Règlement pour l'écoulement des matières de vidanges dans les égouts. — Système diviseur. — Entrées d'eaux pluviales. — Installations pour pierres d'évier. — Installations de cabinets d'aisances. — Installations d'urinoirs. — Installations de lavabos. — Installations de salles de bains. — Urinoirs à écrans, à stalles rayonnantes, kiosque lumineux, à stalles couvertes. — Autre modèle. — Chalets de nécessité.

Bientôt il n'y aura plus de ville qui ne soit dotée d'une distribution d'eau pour assurer la quantité nécessaire d'eau potable indispensable à l'alimentation et à l'hygiène publique ainsi qu'aux fontaines et à l'arrosage de la cité.

Les compagnies concessionnaires fournissent l'eau à l'intérieur des habitations de trois manières distinctes :

1° Par écoulement déterminé, constant ou intermittent, régulier ou irrégulier, réglé par un robinet de jauge fermé par un cadenas ;

2° Par estimation et sans jaugeage ;

3° Au moyen d'un compteur.

Dans le *premier cas*, le robinet de jauge laisse passer par

une ouverture plus ou moins grande une quantité d'eau en vingt-quatre heures, correspondante à la concession qui a prévu devoir livrer un nombre déterminé de litres par jour. Le réservoir doit naturellement avoir une capacité en rapport, et, pour plus de sécurité, on doit y installer un robinet flotteur dont la

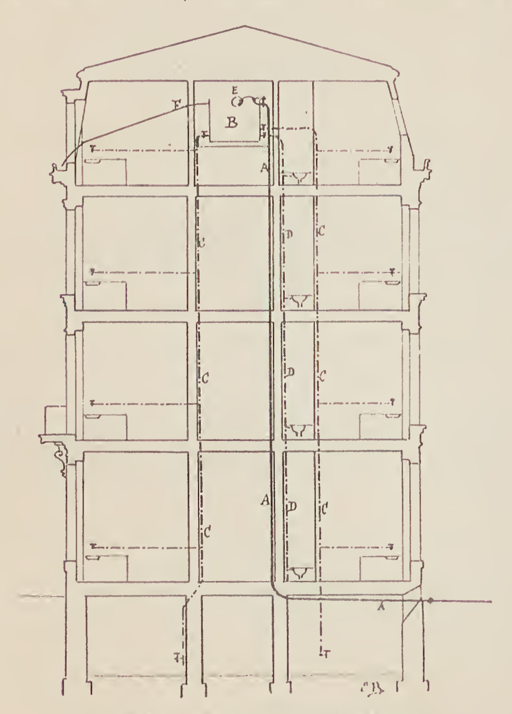


Fig. 1362. — Coupe d'un installation.

A, conduite d'adduction au réservoir; B, réservoir avec robinet de jauge; CC, services des cuisines et des caves; D, services des water-closets; E, robinet flotteur; F, trop-plein.

fonction est de fermer automatiquement le robinet de jauge lorsque l'eau est arrivée au niveau maximum que permet le réservoir. De plus, une deuxième précaution doit être prise : il faut installer sur le réservoir un trop-plein, afin qu'en cas de non-fonctionnement du robinet flotteur, les eaux en trop puissent sortir et se répandre dans le chéneau ou la gouttière.

Le réservoir se place au dernier étage de la maison et de là les eaux sont conduites dans tous les étages et jusque dans la cour (fig. 1362).

Il y a donc une colonne montante d'arrivée au réservoir et qui se termine par le robinet de jauge au-dessus du récipient,

et une autre prenant sous un robinet d'arrêt fixé à la partie inférieure et qui descend jusqu'au rez-de-chaussée en distribuant l'eau à chaque étage par de petits branchements.

Le *deuxième cas* est ce qu'on appelle la *concession libre*. On a l'eau sous pression à discrétion et à toute heure, sans avoir besoin de recourir au réservoir. Il est prudent d'avoir un robinet d'arrêt à l'arrivée dans l'immeuble et aussi à chaque distribution particulière.

Enfin le *troisième cas* est le plus en usage, on ne paie que la quantité d'eau dépensée puisque celle ci est enregistrée par le passage dans le compteur.

On ne saurait apporter trop de soin dans l'établissement des conduits d'eau à l'intérieur des habitations. En effet, ne suffit-il pas de la rupture d'une conduite pour causer des dégâts considérables ? c'est donc une économie de faire de suite le nécessaire, de mettre la longueur de plomb voulue et de lui donner une épaisseur suffisante pour résister à la pression parfois considérable de l'eau.

Supposant une *maison de rapport* ordinaire, nous allons étudier brièvement l'installation de distribution.

Fig. 1363. — Joint.

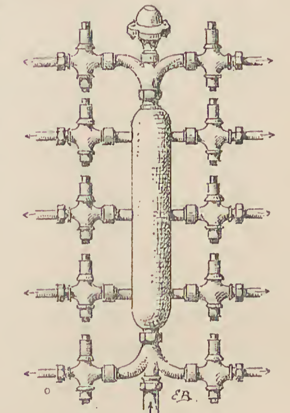


Fig. 1364. — Nourrice.

Il faut d'abord se brancher sur la conduite passant sous la voie publique en plomb de $\frac{0^{m},025}{0^{m},040}$ [1] que l'on passe en tranchée à l'extérieur et que l'on amène au compteur auquel ce plomb est assemblé au moyen d'un collet battu et de colliers serrés à boulons ; l'étanchéité du joint est assurée par une rondelle en cuir gras qui se trouve comprimé par le serrage (fig. 1363). Le compteur d'un calibre de $0^{m},020$ ou $0^{m},025$ repose sur deux consoles en fer scellées dans le mur ; du compteur un plomb de

[1] Nous indiquons ainsi les deux diamètres intérieur et extérieur.

$\frac{0^m,020}{0^m,034}$ part et va joindre la nourrice (fig. 1364) de laquelle partent dans une installation bien faite autant de colonnes montantes et de conduites, qu'il y a de services d'eau séparés ; c'est-à-dire qu'on peut arrêter les eaux entièrement ou séparément, soit pour réparation en cas d'avarie, soit pour priver d'eau un appartement non loué. L'avantage de l'emploi de la nourrice est indiscutable et permet surtout d'éviter ces accidents de fuites d'eau, qu'on ne peut combattre à temps dans les installations ordinaires, chaque départ de la nourrice ayant un robinet d'arrêt.

Dans la cave est établi un poste d'eau fait d'un tuyau de $\frac{0^m,013}{0^m,025}$ qui part de la nourrice pour se terminer près de là par un robinet se refermant automatiquement et placé au-dessus d'un puisard siphonné et communiquant à la canalisation générale des eaux pluviales et ménagères. Même installation dans la cour, sous forme de fontaine.

Toujours de la nourrice partent les différentes colonnes montantes $\frac{0^m,020}{0^m,034}$, qui vont desservir chaque appartement. Sur chacune d'elles sont greffés, pour le service, deux plombs : 1° un plomb de $\frac{0^m,013}{0^m,025}$ avec robinet Chameroy de $0^m,014$ dessert l'évier ; 2° un autre plomb de même force amène l'eau pour le service du cabinet d'aisance.

Fig. 1365. Crochet.

Tous les tuyaux sont fixés au mur au moyen de colliers scellés et de petits crochets comme ceux qui servent pour fixer les tuyaux à gaz (fig. 1365).

DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX D'EAU EN PLOMB DANS LES MAISONS ET HOTELS

DÉSIGNATION	DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX EN MILLIMÈTRES	
	d'arrivée.	de décharge ou vidange.
Pour une pierre d'évier.	$0^m,013$	$0^m,05$ pour tuyaux verticaux. $0^m,065$ pour tuyaux obliques.
Pour cuvette de lavabo.	$0^m,013$	de $0^m,025$ à $0^m,035$.
Pour water-closet (tout à l'égout)	$0^m,020$	$0^m,080$ à $0^m,125$ pour tuyaux debout. $0^m,125$ à $0^m,160$ pour tuyaux obliques.
Pour baignoire, douche, etc	$0^m,020$	de $0^m,030$ à $0^m,045$.

On peut du reste calculer l'épaisseur à donner aux conduites en plomb, en cuivre, en fer et en fonte, par les formules suivantes :

e. Épaisseur du tuyau en millimètres;
h. Charge d'eau exprimée en mètres;
d. Diamètre du tuyau en mètres;
r. Résistance du métal à la traction par millimètre carré.

On a pour le plomb, sa ténacité étant de 1kg,350 par millimètre carré de section, et faisant $r = 0^{kg},325$.

$$e = \frac{hd}{2r}\ hd \times 1,53846$$

Et en exprimant e en mètres :

$$e = 0,00153846 \times hd$$

Pour la fonte, sa ténacité absolue étant de 13 à 14 kilogrammes par millimètre carré, la réduisant seulement à 2 kilogrammes on aura :

$$e = \frac{hd}{4} = 0,25\ hd$$

Et en exprimant e en mètres :

$$e = 0,00025\ hd$$

On peut encore employer les formules suivantes, dans lesquelles e représente l'épaisseur des tuyaux, et n la pression en atmosphères à laquelle on les soumet et d le diamètre :

Plomb	$e = 0^m,0050 + 0^m,00242\ dn$
Fonte coulée horizontalement	$e = 0^m,0100 + 0^m,00200\ dn$
— verticalement	$e = 0^m,0080 + 0^m,00160\ dn$
Cuivre laminé	$e = 0^m,0040 + 0^m,00147\ dn$
Fer	$e = 0^m,0030 + 0^m,00086\ dn$
Zinc	$e = 0^m,0040 + 0^m,00620\ dn$

APPAREILS FILTRANTS

A mesure que les populations habitant une contrée deviennent plus denses, les villes deviennent plus nombreuses, l'industrie se développe, et, des agglomérations d'hommes et des manu-

tentions industrielles il résulte un empoisonnement forcé des cours d'eaux chargés de véhiculer toutes les déjections des villes et les matières organiques diverses provenant des grands centres.

Les eaux ainsi contaminées deviennent impropres non seulement à l'alimentation, mais encore à tous les autres usages pouvant les mettre en contact avec l'organisme humain. Les travaux microbiologiques de Pasteur, de Koch, de Brouardel, et tant d'autres savants, ont démontré la nécessité absolue d'arriver à rendre à l'eau une pureté absolue.

En effet, d'après les preuves irréfutables que le microscope a mises en lumière, l'eau est le véhicule certain de toutes les épidémies, et, de plus, par les matières organiques et les parasites qu'elle peut contenir, elle engendre de nombreuses maladies.

Ce sera la gloire de Pasteur d'avoir donné un corps aux hypothèses déjà avancées par d'autres savants et d'avoir prouvé la présence d'organisés infiniment petits dans les eaux des fleuves et des rivières qui en sont constamment souillées.

Des expériences faites sur les eaux de Paris ont donné les résultats suivants :

Eau du drain d'Asnières	Microbes,	bacilles	48 000	par litre
— de pluie	—	—	64 000	—
— de la Vanne	—	—	248 000	—
— de Seine à Bercy	—	—	4 800 000	—
— de Seine à Asnières	—	—	12 800 000	—
— d'égout	—	—	80 000 000	—

Il paraît établi que l'impureté des eaux servant à l'alimentation est la cause dominante sinon exclusive des épidémies de fièvres typhoïdes, de choléra, de dysenterie, de fièvres paludéennes, etc.

« On a le droit, dit M. le docteur Marey, d'affirmer que parmi les influences qui peuvent transmettre la maladie, il en est une qui, par son intensité, domine toutes les autres, c'est la souillure des eaux livrées à l'alimentation publique. Assurer dans chaque localité la pureté des eaux potables devra être la première préoccupation des hygiènistes. »

M. Pasteur, lui, a défini sa théorie de la manière suivante : « Les maladies virulentes et contagieuses ne sont jamais spontanées ; elles ont toutes pour origine un ferment de maladie animé, vivant d'une vie propre : un microbe. Détruisez les microbes de la fièvre typhoïde, de la diphtérie, de la scarla-

tine, de la rougeole, du chloléra, etc., etc., et jamais vous ne verrez apparaître un seul cas de ces maladies. »

La science devait donc chercher le moyen de purifier l'eau d'une manière absolue. Il fallait trouver une matière filtrante capable d'arrêter les microbes, bacilles, bactéries, etc., sans altérer les qualités indispensables à l'eau servant à l'alimentation.

La question ne fut pas résolue immédiatement. Les bacilles et les microbes, ces infiniment petits, passaient à travers tous les filtres, qui, faits de charbon pilé, de graviers, de grès, de feutres, de laines, etc., laissaient passer les germes d'infection, et M. Pasteur en 1877 affirmait que « ces germes sont d'un si petit diamètre qu'ils traversent tous les filtres »... De plus, il était établi que la distinction entre les eaux saines et les eaux infectieuses ne peut reposer ni sur la couleur, ni sur l'odeur, ni sur la saveur, ni sur l'analyse chimique. Seule l'analyse microscopique pouvait révéler l'existence d'êtres échappant à toute autre investigation.

C'est de 1881 ou 1882, croyons-nous, que furent faits les premiers essais de filtrage au moyen de la porcelaine. C'est M. le docteur Gautier qui en fit les premières applications pour la stérilisation des milieux de culture et bientôt M. Pasteur l'expérimenta à son tour et formula ainsi son appréciation : « Le filtrage par la porcelaine est le seul qui puisse s'opposer d'une façon efficace à la transmission par l'eau des maladies épidémiques. »

Nous choisissons pour exemple un filtre de M. Mallié en porcelaine dégourdie (non vernissée). Ce filtre est un des meilleurs que nous connaissions, soit au point de vue *chimique*, soit au point de vue *physique*.

Le filtrage se fait avec pression ou sans pression ; la bougie filtre de l'intérieur ou de l'extérieur ; on peut obtenir tous les avantages du filtrage chimique par la possibilité qu'on a de remplir la bougie de poussière de charbon.

Une disposition très heureuse due à M. Mallié est la possibilité de greffer un appareil n'importe à quel endroit, à la seule condition d'avoir une conduite d'eau à sa disposition. D'ordinaire on soude le robinet du filtre sur la conduite d'eau de la ville ; avec le procédé de pose de M. Mallié, le robinet peut être placé à un point quelconque de la conduite ou même être amené où l'on veut par un branchement en plomb d'un petit diamètre, sans soudure d'aucune sorte. — Pour piquer une prise sur une conduite, on prend une paire de brides dont l'une porte une douille filetée (fig. 1366), et l'on serre le plomb en interposant,

pour assurer un joint étanche, une plaque de cuir gras ou de caoutchouc, comme nous l'indiquons dans la coupe (fig. 1367); puis la bride étant serrée au moyen de vis on perce un trou dans le plomb de la conduite en passant exactement dans l'axe de la douille et on visse le robinet sur ladite douille filetée d'un pas semblable pour le recevoir. — Si maintenant nous prenons le cas d'un filtre devant être placé loin de la conduite d'eau, on piquera par le même procédé un plomb qui ira retrouver le robinet du filtre à l'endroit que ce dernier doit occuper.

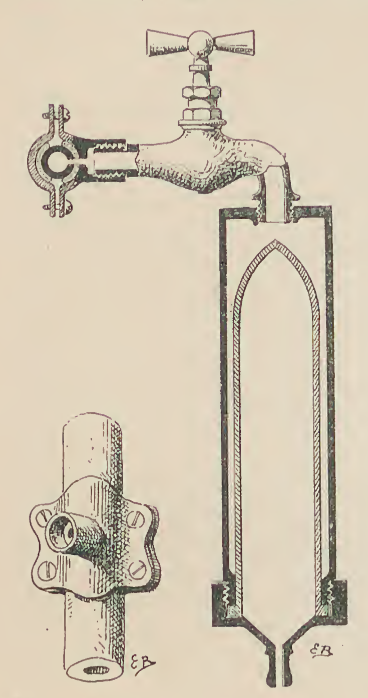


Fig. 1366, 1367. — Filtre à bougie.

Appareil à une bougie, filtrage de l'intérieur. — Les dimensions sont restreintes : $0^{m},08$ de diamètre sur $0^{m},25$ de hauteur, et permettent à un appareil de ce genre d'être placé partout, sans préparation et sans rien changer à l'installation existante ; il n'y a qu'à souder, ou à assembler le robinet, sur le parcours du tube en plomb qui amène l'eau.

Le filtre proprement dit est composé d'une bougie en *biscuit*, porcelaine à travers les parois de laquelle le temps ou la pression, suivant les modes d'emploi, force l'eau à passer.

La monture entière est en métal blanc inoxydable, et la bougie se trouve enfermée dans une forte enveloppe en cristal montée à baïonnette sur l'armature métallique.

Les impuretés et matières de toutes sortes arrêtées par le filtrage ne pénètrent pas dans la masse de la porcelaine, ce qui est prouvé chaque fois que par suite d'un accident, choc ou autre, une bougie se trouve brisée ; on peut se convaincre alors que seule l'eau peut trouver passage entre les molécules constituant la pâte, qu'elle reste absolument blanche, pure et intacte de toute souillure.

Cette impénétrabilité de la porcelaine rend le nettoyage très

facile, il suffit d'enlever le dépôt retenu sur la paroi intérieure (ou extérieure, suivant la direction du filtrage) en dévissant la bague et en brossant la bougie. Pour plus de sécurité encore et si l'on veut détruire toutes traces de microbes, il faut plonger la porcelaine dans l'eau bouillante ou la passer au feu.

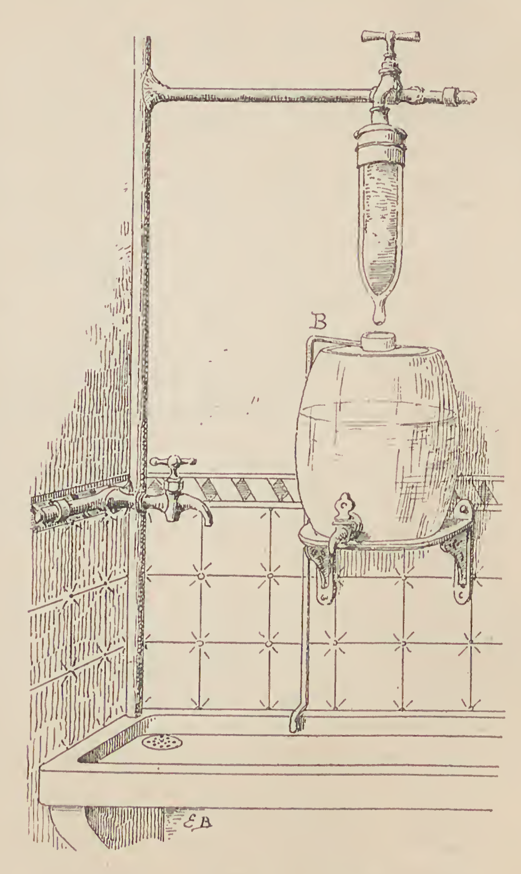


Fig. 1368. — Installation de filtre sur évier.

L'eau pénétrant dans l'appareil comprime l'air qui s'emmagasine dans la monture, où, n'ayant pas d'issue, il s'arrête et se comprime à deux et cinq atmosphères (suivant la pression de l'eau); cet air emmagasiné à la partie supérieure du filtre sature d'air l'eau d'une façon complète. D'où le nom d'*aérifiltre* qui a été donné à cet appareil.

Voici, à titre d'exemple, un ensemble d'installation pour cuisine (fig. 1368). Nous y avons fait figurer le barillet, petite fontaine en verre ou en grès qui récolte l'eau filtrée et la distribue au moyen d'un robinet placé à la partie inférieure; ce barillet, est muni d'un trop-plein *b* qui se décharge sur la pierre d'évier ou, dans tout autre cas, dans un récipient qu'on doit disposer à cet effet, et il repose sur un support en fonte scellé dans le mur.

On pourrait craindre avec le filtrage de l'intérieur et avec les fortes pressions auxquelles la porcelaine doit résister des ruptures qui amèneraient, en même temps qu'une perte d'eau, la possibilité de causer des dégâts. Ce cas est prévu ; l'appareil possède un dispositif important produisant l'arrêt instantané de l'eau en cas de rupture, c'est une soupape retenue par une tige reposant sur le fond du filtre et que nous avons désignée par la lettre *a*. Cette soupape est soulevée par la bougie de manière à laisser l'eau passer autour du clapet, et en cas de rupture, perdant son point d'appui, elle vient, poussée par la pression même, fermer l'orifice de sortie du robinet et rendre ainsi impossible tout danger d'inondation ainsi que tout débit d'eau non filtrée.

Comme nous l'avons dit plus haut, avec le filtrage de l'intérieur on peut donner à l'eau des qualités chimiques quelconques en introduisant dans la bougie des matières propres à donner ce résultat.

Appareil à filtrage de l'extérieur (fig. 1367). — Ici, l'enveloppe est en métal ; l'eau est introduite entre l'enveloppe et la bougie et sort filtrée dans l'intérieur de celle-ci, d'où elle est écoulée dans le barillet par le petit orifice qu'on voit à la partie inférieure. En somme, sauf la direction du filtrage, c'est le même principe que dans le cas précédent. Ces filtres à une bougie peuvent donner, suivant la pression, de 25 à 30 litres par jour.

Les mêmes filtres se font par batteries, c'est-à-dire qu'on réunit un certain nombre de bougies, pour obtenir un rendement plus grand, comme par exemple celui qui serait nécessaire pour desservir l'eau filtrée à plusieurs locataires d'une maison.

Filtre sans pression. — Quand il n'existe pas de distribution d'eau et que l'eau à filtrer ne subit aucune pression (cas fort rare dans une installation de quelque importance, puisqu'on peut toujours au moyen d'un réservoir élevé obtenir une certaine pression) on peut employer le filtre à siphon, ou même à

écoulement direct du récipient dans le filtre. Le débit d'eau obtenue est de 12 à 15 litres par jour environ.

ROBINETS

Notre intention n'est pas de passer en revue l'immense quantité de modèles de robinets que produit l'industrie ; nous voulons seulement en indiquer un certain nombre de types distincts entre eux par la destination et le fonctionnement et présentant chacun, suivant les applications, des avantages spéciaux.

Le robinet en général se fait en cuivre ; c'est un appareil

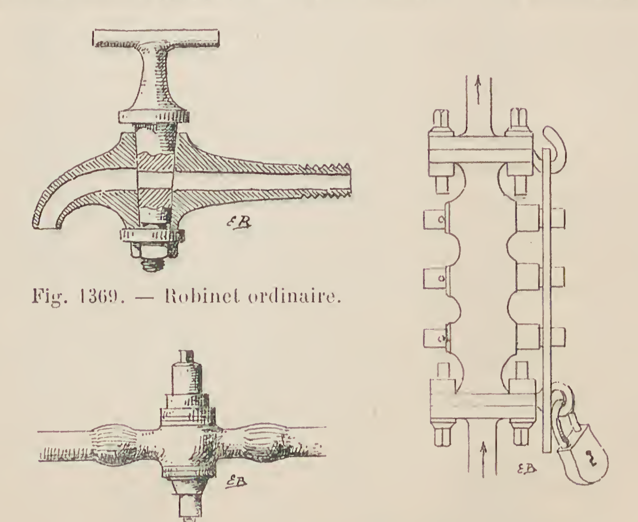


Fig. 1369. — Robinet ordinaire.

Fig. 1370. — Robinet d'arrêt.

Fig. 1371. — Robinet de jauge.

destiné à permettre ou à empêcher le passage ou l'écoulement d'un liquide contenu dans une conduite ou dans un récipient quelconque.

Un robinet ordinaire se compose de deux pièces, l'une fixe, qui est la *cannelle*, et l'autre mobile qui est la *clef*. La cannelle ou partie fixe est un tuyau portant un renflement dans lequel est percé un trou légèrement conique et où s'engage la clef. Le renflement et le trou forment ce qu'on appelle le *boisseau* et la tête de la clef, sorte de bras de levier pour en permettre la manœuvre, se nomme *béquille* (fig. 1369). Le passage où l'arrêt de l'eau se fait au moyen de la clef qui, percée d'une ouverture,

laisse passer le liquide lorsque cette ouverture coïncide avec la cannelle, et l'arrête, en présentant à la conduite sa partie pleine, et cela par un simple quart de tour.

Robinet d'arrêt. — Ce robinet se fait à béquille ou à clef; il ne diffère du précédent que parce que les deux extrémités de la cannelle se raccordent avec des tuyaux. Le même robinet se fait aussi à trois eaux, c'est-à-dire que la clef est percée d'un trou perpendiculaire au premier, mais s'arrêtant au milieu (fig. 1370).

Robinet de jauge. — Le robinet de jauge est un robinet à deux ou trois clefs permettant de régler l'écoulement et de fixer le débit pour une période de temps donnée. Le modèle que nous donnons est emprunté à l'album de la maison Vuillot. On voit sur notre croquis le système de fermeture; le passage d'eau réglé par trois clefs dont les têtes sont percées chacune de deux trous de différentes dimensions, permet toujours de mettre les têtes carrées sur la même ligne, de manière à les fixer toutes au moyen d'une barre à trou et d'un cadenas (fig. 1371).

On pourrait aussi établir un robinet de jauge au moyen d'une simple vis à piton (fig. 1372). La hauteur de sortie de la vis, commandée par quart de tour, correspondrait à une quantité d'eau connue pour un laps de temps déterminé; par exemple, vingt-quatre heures suivant l'usage. Comme le précédent, ce robinet serait fermé par un moraillon et un cadenas. Nous donnons l'idée pour ce qu'elle vaut.

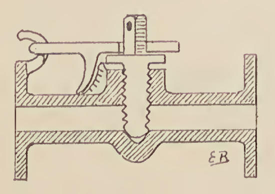


Fig. 1372.
Robinet de jauge.

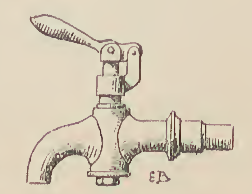


Fig. 1373.
Robinet se refermant seul.

Robinet à vis. — On peut avec ce robinet régler l'écoulement, et pour cette raison qu'il peut rester constamment ouvert, il ne convient pas aux cuisines où il vaut mieux employer un robinet se refermant automatiquement comme le modèle à levier que nous donnons figure 1373 ou tout autre présentant la même sécurité.

Robinet à repoussoir. — Ce robinet convient également aux cuisines, il se referme seul. La clef en tournant pousse sur une rondelle mobile pressée par un ressort et l'eau passe ; la clef n'étant plus maintenue, la pression de l'eau repousse tout le système et le robinet est fermé.

Un autre robinet à repoussoir, plus spécialement employé pour bornes-fontaines, est celui que nous représentons figure 1374, et qui est à mouvement vertical.

Robinet à genouillère. — Spécialement employé pour lavabos, le robinet à genouillère n'a pas de clef, ou plutôt c'est la clef elle-même qui constitue la cannelle (fig. 1375).

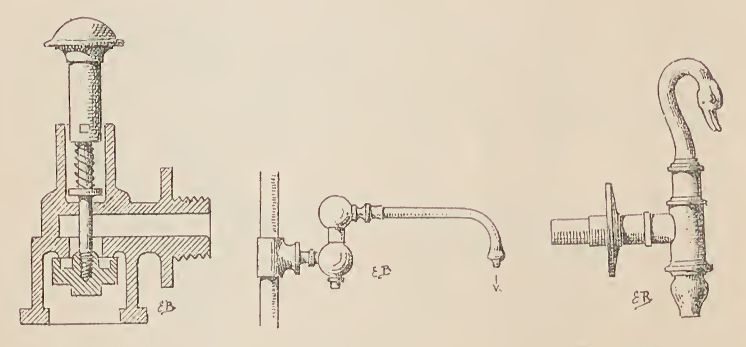


Fig. 1374. Robinet à repoussoir. Fig. 1375. Robinet à genouillère. Fig. 1376. Robinet à col-de-cygne.

Robinet à col-de-cygne. — C'est le robinet employé dans les installations de bains, et en plus fort, n'est autre chose que le robinet à genouillère (fig. 1376).

SIPHONS. — BONDES SIPHOÏDES. — TAMPONS HERMÉTIQUES

Les siphons se font en grès, en fonte, en plomb, suivant les diamètres et les usages auxquels ils sont appelés, c'est-à-dire avec quel genre de matière ils devront se trouver en contact.

Siphons d'évier et de vidoirs. — Ces siphons sont de petit diamètre $0^m,05$ intérieur puisqu'ils sont destinés à se raccorder à des conduites de décharge qui ont ce même diamètre. Ils sont avec un ou deux tampons de dégorgement (fig. 1377, 1378) dont un peut être utilisé pour la ventilation.

Siphons en S. — Peuvent, par la disposition de leur tubulure, recevoir l'écoulement d'une colonne verticale ou horizon-

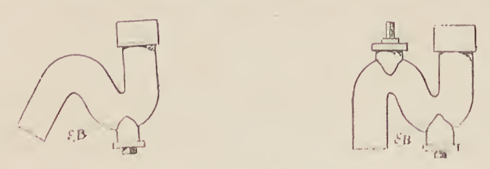


Fig. 1377, 1378. — Siphons d'éviers.

tale. L'interception des émanations est faite par une plongée minimum de 0m,07 dans le liquide (fig. 1379). Un autre modèle

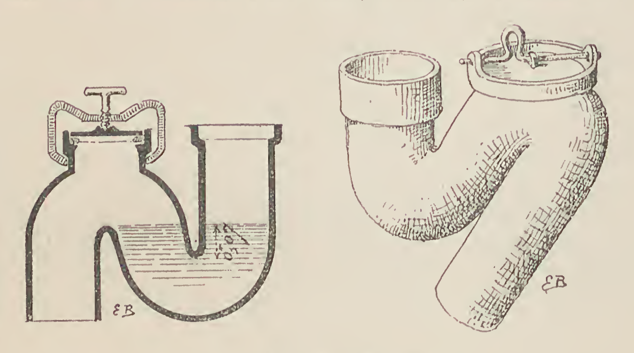


Fig. 1379, 1380. — Siphons en S.

permet de raccorder une conduite verticale (fig. 1380), ou au moyen d'un coude en prolongement du siphon ; soit encore, sur une conduite horizontale (fig. 1381).

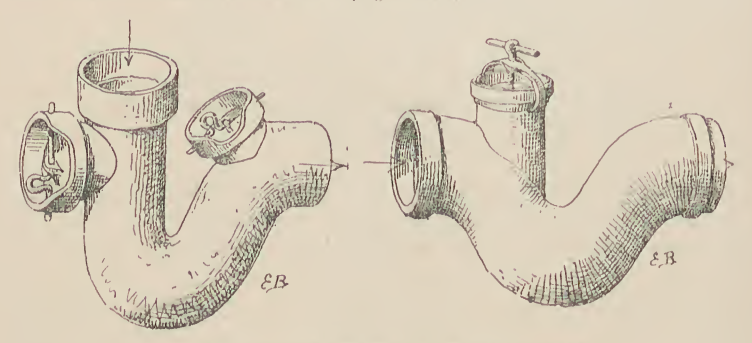


Fig. 1381, 1382. — Siphons mixte et horizontal.

Siphons à panier. — Ces regards d'entrée d'eaux de cour

sont composés : 1° d'un siphon en S ; 2° d'un regard d'entrée d'eaux ; 3° d'un panier en tôle galvanisée destiné à recueillir les ordures et toutes matières solides susceptibles d'engorger les tuyaux ; 4° d'une grille en fonte. Ces appareils se font ronds et carrés.

Siphons horizontaux. — Ils sont utilisés dans le *tout-à-l'égout* et remplacent le siphon-déversoir (fig. 1382).

Siphons déversoirs. — Ces siphons se plaçaient à l'extrémité de la canalisation à l'arrivée dans l'égout. Actuellement ils sont remplacés par les siphons horizontaux décrits ci-dessus.

Bondes siphoïdes. — La bonde siphoïde est une fermeture hydraulique qu'on emploie pour les éviers quand ceux-ci ne sont pas siphonnés. C'est en réalité l'application de la plongée du siphon, à une forme circulaire (fig. 1383). L'obturateur doit toujours être à charnière.



Fig. 1383.
Bonde siphoïde.

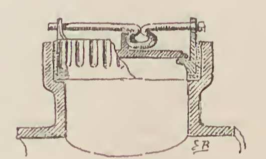


Fig. 1384.
Tampon hermétique.

Tampons hermétiques. — Ces appareils sont destinés à la visite des tuyaux. Il y a une grande diversité de modèles parmi lesquels nous choisirons comme exemple celui de M. A. Jacquemin (fig. 1384).

Comme on le voit sur notre croquis, le scellement est rendu plus parfait par la série de cannelures entourant l'appareil. La fermeture hermétique est faite au moyen d'une clavette excentrée agissant en forte pression sur le couvercle qui est garni d'une rondelle en caoutchouc. La clavette se retire complètement et permet l'ouverture complète du regard pour opérer les visites ou curages. Pour fermer hermétiquement l'appareil, la clavette s'abaisse en faisant pression et vient se placer sur une sorte de piton qui rend possible la fermeture au moyen d'un cadenas

Matières propres à employer pour les siphons et conduites. — Les matières les plus favorables sont : 1° le

plomb, parce que la conduite à laquelle se raccorde le siphon pouvant être de même métal, il en résulte par suite des soudures, une absence totale de joints ; c'est-à-dire que dans ces conditions on éviterait, ce qui arrive si souvent, que, malgré toutes les précautions prises, un joint mal fait laisse passer les gaz méphitiques et l'on perd ainsi tous les avantages du siphon. 2° Vient ensuite le grès vernissé qu'on peut employer dans les cours et en tranchée pour le siphon et le drain ; étant de même matière, le joint peut être plus parfait. 3° La fonte en général ne doit être employée que pour le passage des eaux et rejetée pour l'évacuation des urines et autres matières analogues.

Qualités que doivent présenter les siphons. — Le siphon doit être exempt de tous angles, encoignures et places où les immondices pourraient s'accumuler et engendrer des émanations nuisibles.

Un libre passage doit être ménagé pour que les décharges passent à travers le siphon sans le déformer, c'est-à-dire que les siphons devraient être des tuyaux ronds, construits et courbés de manière à former une plongée d'eau de 1 pouce et demi ou 2 pouces de profondeur (37^{mm},75 ou 51 millimètres).

Le corps du siphon fixé sur les tuyaux ou drains horizontaux, doit être plus petit que l'orifice d'entrée, de façon à retenir une quantité d'eau aussi petite que possible en rapport avec la position où il sera placé et le service qu'il aura à rendre, afin de faciliter le nettoyage chaque fois qu'une chasse d'eau est envoyée à travers ce siphon.

On devrait toujours employer, quand les circonstances le permettent, un siphon de grandeur minimum, mais en tenant toujours compte, jusqu'à un certain point, des dimensions du tuyau ou du drain auquel il sera fixé et de la chasse qui doit y être envoyée.

Un siphon, quoique se nettoyant seul, peut devenir une petite fosse, si sa section est trop grande pour être nettoyée par une chasse d'eau ordinaire de l'appareil, lavabo, évier ou water-closet, auquel il est fixé.

L'orifice d'un siphon muni d'une grille, destiné à être fixé à des éviers ou autres appareils de ce genre, doit être plus large que le corps du siphon ou le tuyau de vidange avec lequel sa sortie peut être jointe, afin qu'on puisse envoyer des chasses d'eau suffisantes à travers le siphon pour le nettoyer ainsi que le tuyau de vidange y annexé. » (C'est-à-dire que l'on donne à la grille un diamètre assez grand pour que les parties ajourées

donnent une surface au moins égale à celle de la section du siphon.) « Ou bien le plombier peut facilement évaser un bout de tuyau de plomb pour recevoir une grille ou un obturateur à rondelle plus large, et le souder à l'orifice d'un siphon en S. Quand le siphon est beaucoup plus petit que le tuyau de vidange, on ne peut envoyer aucune bonne chasse à travers ce tuyau pour le nettoyer.

L'orifice du siphon devrait être disposé de telle sorte que les chasses tombent avec une pression verticale sur la plongée d'eau, afin de chasser toutes les matières étrangères au dehors du siphon et d'en renouveler complètement le contenu.

L'orifice de tous les siphons fixés sur les drains en dehors de la maison doit être à air libre afin que les gaz méphitiques produits par les matières en décomposition dans le siphon, ou passant à travers ce dernier, venant du drain ou de la fosse, se dégagent rapidement dans l'atmosphère ou se mélangent à l'air pur avant de passer dans aucun tuyau de vidange, de chute, ou drains se déchargeant dans ces siphons.

Dans les pays froids, où l'eau des siphons serait sujette à se congeler par les grands froids, l'orifice du siphon devrait être complètement couvert et la ventilation ou conduit d'air qui part d'habitude du siphon même devrait être prise dans le tuyau de vidange, de chute ou de drain, à quelque distance de la plongée d'eau du siphon, afin que l'air froid ne pût la geler. Il y a un autre avantage à tenir le conduit d'air à quelque distance, soit 15 pouces (381 millimètres) du bas du tuyau de vidange ou de chute siphonné ; car lorsqu'une chasse pleine et rapide est envoyée dans un tuyau de chute ou de vidange, elle n'en sort pas aussi vite qu'elle y entre, mais s'accumule au bas, et s'élevant dans le tuyau, elle s'introduirait facilement dans le tuyau de prise d'air, s'il était placé trop bas, le souillerait, et peut-être l'obstruerait par suite des chasses envoyées à travers le tuyau principal.

Dans nos pays, dans les endroits abrités, on ne court que peu ou point de risque. Si le siphon pour la disconnexion des tuyaux de vidange, de chute ou drains est bien enfoncé en terre dans les endroits exposés, on n'a rien à craindre des gelées ; cependant, lorsque celles-ci sont très fortes, on fait bien de répandre un peu de paille sur les grilles de ces siphons. Pendant le rigoureux hiver de 1880-81, parmi des centaines que j'avais eu à placer, je n'ai eu connaissance que d'un seul siphon disconnecteur qui ait été gelé, et un grand nombre de ces siphons ont leur plongée

d'eau à 15 pouces (381 millimètres) au-dessous du niveau du sol[1]. »

On peut employer avec sécurité tout siphon se nettoyant seul et ayant une plongée suffisante pour que la fermeture hydraulique constituée par l'eau ne soit détruite par l'évaporation, et aussi pour empêcher les refoulements de l'air et parfois certaines pressions exercées par les gaz produits dans les conduites.

ÉVACUATION DES EAUX NUISIBLES

L'eau devient nuisible à partir du moment où elle cesse d'être pure, et tient en suspension ou charrie des matières minérales ou organiques; telles sont les eaux ayant été utilisées aux usages domestiques ou industriels.

Il convient donc d'écouler immédiatement ces eaux souillées, qui, on le comprend, ne peuvent sans danger rester stagnantes ou être absorbées par la terre, et dans ce dernier cas encore ces eaux laisseraient des dépôts qui ne tarderaient pas à devenir des foyers d'infection.

Les moyens jadis employés, *fosses perdues*, c'est-à-dire *filtrantes*, *puisards absorbants*, etc., sont, fort heureusement, presque complètement abandonnés. Admissibles jusqu'à un certain point dans des localités où peu d'êtres occupent une grande surface, ils seraient un fléau dans nos villes si populeuses.

Actuellement c'est à l'égout que l'on veut tout envoyer, et il est chargé du transport au loin des eaux pluviales, ménagères, industrielles, et eaux-vannes avec matières de vidange.

Le système dit *tout-à-l'égout* est appliqué dans nombre de grandes villes : Londres, Bruxelles, Berlin, etc., qui n'ont, paraît-il, qu'à s'en féliciter. A Paris, où l'application commence, ce système a ses partisans et ses détracteurs ; il est incontestable que les conditions d'hygiène et de commodité des habitations gagnent considérablement à ce mode d'évacuation, mais d'autre part on éprouve de grandes difficultés pour trouver un terrain d'entente avec les localités intéressées, pour le passage ou le dépôt des eaux provenant des égouts.

Evacuation des eaux pluviales. — Les eaux de pluie tombées sur les toitures sont, dans les villes généralement considé-

[1] *Plomberie*, de S. Hellyer (traduction de M. Poupard, aîné).

rées comme nuisibles ; et, en effet, elles rencontrent sur les couvertures et dans les gouttières ou chéneaux des impuretés de toutes sortes dues au vent, aux cheminées et aux habitants mêmes. — Ces eaux, il faut les écouler ; et pour cela on dispose des tuyaux de descente, en zinc ou en fonte, librement ouverts

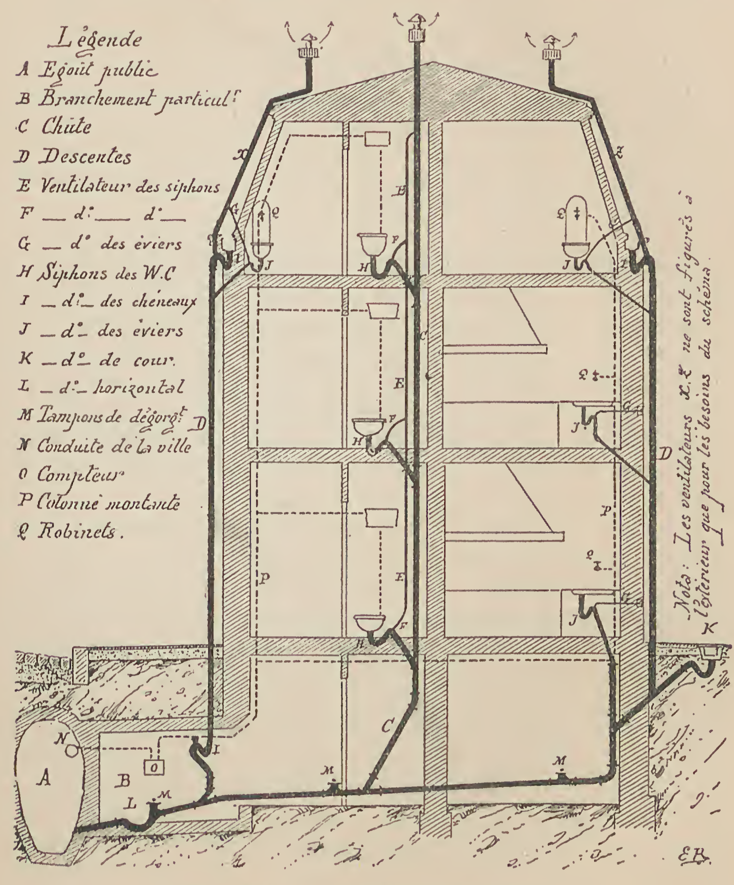


Fig. 1385. — Ensemble d'installation.

à la partie supérieure dans les gouttières, et dont le diamètre est en rapport avec la quantité d'eau que la surface de toiture recevra pendant les plus grandes pluies. L'extrémité inférieure de ces tuyaux de descente assure l'écoulement de deux manières distinctes : 1° s'il n'y a pas d'égout dans la rue, au moyen d'une rigole, ou d'une gargouille en fonte, qui conduit les eaux au

ruisseau ; 2° s'il y a un égout, la descente va retrouver la canalisation générale des eaux diverses, ou, en l'absence de celle-ci, y conduit directement les eaux pluviales.

Dans le premier cas, la conduite ouverte en haut et en bas est naturellement ventilée ; le moindre échauffement causé par le soleil de l'air contenu à l'intérieur de la conduite établit une circulation qui emmène à la partie supérieure toutes les odeurs pouvant résulter des liquides ayant passé dans la descente.

Dans le deuxième cas, on doit conserver les avantages du cas précédent en ménageant une entrée d'air à la partie inférieure de la descente ; puis on siphonne la conduite dans le branchement d'égout pour empêcher les émanations de ce dernier de remonter à l'extérieur (fig. 1385).

Canalisation. — Entre les orifices d'évacuation dans les diverses parties d'une maison et l'égout qui doit recevoir les eaux souillées, est disposé un drainage récoltant les eaux diverses pour les amener à un point unique ; l'ensemble des conduites composant ce drainage est appelé *canalisation*.

Les matières à employer pour les conduites sont : 1° la fonte pour les descentes d'eaux pluviales extérieures ; 2° le plomb pour tout ce qui est canalisation intérieure ; 3° grès vernissé pour toute la partie en tranchée ou enterrée.

Aux détails particuliers de chaque installation différente nous indiquerons les diamètres.

Branchement d'égout. — Toute canalisation doit être pourvue d'un branchement d'égout, c'est-à-dire une galerie voûtée de même forme, allant perpendiculairement retrouver l'égout public. Cet égout particulier se faisait auparavant sans aucune communication avec l'immeuble et la canalisation venait déboucher dedans par un siphon. Mais la plongée de ce siphon était insuffisante et l'air vicié de l'égout pénétrait dans les conduites. Depuis on a autorisé, à Paris, de construire le mur pignon du branchement au droit du pied-droit de l'égout, de sorte que le branchement devient alors bien particulier, puisqu'on ne peut y avoir accès que de la maison (fig. 1385).

Mais alors il faut y poser un conduit avec siphon avant de déboucher dans l'égout, vers le milieu du branchement.

Les branchements particuliers présentent uniformément à Paris les dimensions et formes suivantes : profondeur minimum de fouille $2^{m},74$ (mesuré sous le pavage) ; hauteur d'égout mesurée du dessous du radier au-dessus de l'extrados, $2^{m},24$; largeur hors œuvre des murs au radier, $0^{m},90$; largeur hors

œuvre des murs à la naissance de la voûte, $1^m,30$. Mesures intérieures enduits faits : hauteur entre le radier et la clef de voûte, $1^m,80$; largeur au radier, $0^m,50$; largeur à la naissance de la voûte, $0^m,90$.

RÈGLEMENTS

Pour l'écoulement des matières de vidanges dans les égouts de Paris par voie directe.

Le Préfet de la Seine,

Vu la loi des 16-24 août 1790 ;

Les décrets des 26 mars 1852 et 10 octobre 1859 ;

Les ordonnances de police des 5 juin 1834, 23 octobre 1850, 1er septembre 1853 et 29 novembre 1854 ;

La délibération du Conseil municipal en date du 31 juillet 1886, ensemble l'arrêté préfectoral en date du 9 novembre 1886 approbatif de ladite délibération ;

Vu le projet de règlement relatif à l'assainissement de Paris.

Sur le rapport de l'Inspecteur général des ponts et chaussées, Directeur des travaux de Paris,

Arrête :

Article premier. — Dans toutes les rues pourvues de collecteurs à bateaux ou à rails, ou d'égouts munis de réservoirs de chasse, les propriétaires de maisons en bordure sur la voie publique pourront faire écouler directement à l'égout les eaux pluviales et ménagères, ainsi que les matières de vidange de leurs immeubles.

A cet effet, ils souscriront des abonnements qui seront approuvés par des arrêtés préfectoraux, sur l'avis de l'Ingénieur en chef de l'assainissement.

Ces abonnements seront annuels et révocables à la volonté de l'Administration.

Conditions d'abonnements.

Art. 2. — Les conditions à remplir pour l'abonnement sont les suivantes :

Concession d'eau.

1° La propriété sera desservie par les eaux de la Ville.

Branchement d'égout.

2° Elle sera pourvue d'un branchement particulier d'égout.

Cabinet d'aisances.

3° Tout cabinet d'aisances devra être muni de réservoirs ou d'appareils branchés sur la canalisation, permettant de fournir dans ce cabinet une quantité d'eau de dix litres au minimum par personne et par jour.

L'eau ainsi livrée dans les cabinets d'aisances devra arriver dans les cuvettes, de manière à former une chasse d'eau suffisamment vigoureuse.

Les appareils qui la distribueront seront examinés par le Service de l'assainissement et devront être reçus par l'Administration avant leur mise en service.

Toute cuvette de cabinets d'aisances sera munie d'un appareil formant fermeture hydraulique et permanente.

Ces dispositions seront applicables aux cabinets des ateliers, des magasins, des bureaux et en général de tous les établissements qui reçoivent une nombreuse population pendant le jour.

Eaux ménagères et pluviales.

4° Il sera placé une inflexion siphoïde formant fermeture hydraulique à l'origine supérieure de chacun des tuyaux d'eaux ménagères.

Les tuyaux de descente des eaux pluviales seront munis d'obturateurs interceptant toute communication directe avec l'atmosphère de l'égout.

Les tuyaux devront être aérés d'une manière continue.

Tuyaux de chute et conduites d'eaux ménagères et pluviales.

5° Les conduites d'eaux ménagères, les conduites d'eaux pluviales et les tuyaux de chute destinés aux matières de vidange ne pourront avoir de diamètre inférieur à $0^{m},08$ ni supérieur à $0^{m},16$.

Les chutes des cabinets d'aisances avec leurs branchements ne pourront être placées sous un angle supérieur à 45° avec la verticale.

Chaque tuyau de chute sera prolongé au-dessus du toit jusqu'au faîtage et librement ouvert à la partie supérieure.

La projection des corps solides, débris de cuisine, de vaisselle, etc., dans les conduites d'eaux ménagères et pluviales, ainsi que dans les cuvettes des cabinets d'aisances, est formellement interdite.

Le tracé des tuyaux secondaires partant du pied des tuyaux de chute et des conduites d'eaux ménagères sera prolongé dans les cours et caves jusqu'au tuyau général d'évacuation.

Il en sera de même pour les conduites des eaux pluviales, si le tuyau d'évacuation peut recevoir ces eaux.

Le tracé de ces tuyaux devra être formé de parties rectilignes.

A chaque changement de direction ou de pente, il sera ménagé une tubulure ou un regard de visite et d'aération facilement accessible.

Évacuation directe à l'égout.

6° Les tuyaux d'évacuation auront une pente minimum de $0^m,03$ par mètre. Dans les cas exceptionnels où cette pente serait impossible ou difficile à réaliser, l'Administration aura la faculté d'autoriser des pentes plus faibles avec addition de réservoirs de chasse ou autres moyens d'expulsion à établir aux frais et pour le compte des propriétaires.

Le diamètre de ces tuyaux sera fixé sur la proposition des intéressés en raison de la pente disponible et du cube à évacuer ; il ne sera en aucun cas inférieur à $0^m,16$.

Chaque tuyau d'évacuation sera muni, avant sa sortie de la maison, d'un siphon dont la plongée ne pourra être inférieure à $0^m,07$, afin d'assurer l'occlusion hermétique et permanente entre la canalisation intérieure et l'égout public.

Les modèles de ces siphons et appareils seront soumis à l'Administration et devront être acceptés par elle.

Chaque siphon sera muni d'une tubulure de visite avec fermeture étanche placée en amont de l'inflexion siphoïde.

Les tuyaux d'évacuation et les siphons seront en grès vernissé intérieurement.

Les joints devront être étanches et exécutés avec le plus grand soin, sans bavure ni saillie intérieure. L'emploi de la fonte pourra être autorisé dans le cas où l'Administration le jugerait acceptable. Les tuyaux d'évacuation seront prolongés dans le branchement particulier jusqu'à l'aplomb de l'égout public.

Police des travaux.

ART. 3. — Les dispositions qui précèdent et toutes celles que l'administration jugerait utiles de prescrire seront exécutées aux frais, risques et périls du propriétaire, d'après les instructions des agents du service de l'assainissement et sans qu'il puisse être mis empêchement au contrôle de ces agents sous quelque prétexte que ce soit.

Aucune canalisation ne sera mise en service qu'après avoir été reconnue par l'Inspecteur de l'assainissement ou son délégué qui en autorisera l'usage.

Responsabilité.

ART. 4. — Les abonnés sont exclusivement responsables envers les tiers de tous les dommages auxquels pourrait donner lieu l'écoulement des liquides provenant de leur propriété.

Tarif.

Art. 5. — Le propriétaire ou son représentant acquittera à la Caisse municipale une redevance annuelle de 60 francs par chute. Toutefois, lorsque les tuyaux de chute ne desserviront que des logements d'un loyer réel de 500 francs et au-dessous, il pourra être accordé une remise de 30 francs par tuyau de chute sur le chiffre de la redevance.

Paiement.

Art. 6. — Le montant de la somme à payer sera fixé chaque semestre après constatation contradictoire du nombre des chutes existantes par l'Inspecteur de l'assainissement ou son délégué, en présence du propriétaire ou de son représentant, et sera reconnu par ceux-ci, sur un état que l'Ingénieur en chef de l'assainissement transmettra à la préfecture de la Seine pour être rendu exécutoire.

Le prix de l'abandonnement sera versé en deux termes égaux (1er janvier et 1er juillet) et d'avance.

Résiliation.

A défaut de paiement à l'une des deux échéances, l'écoulement sera suspendu et l'abonnement pourra être résilié.

Contraventions.

Art. 7. — Les contraventions aux dispositions du présent arrêté seront constatées par procès-verbaux ou rapports et poursuivies par les voies de droit, sans préjudice des mesures administratives auxquelles ces contraventions pourraient donner lieu.

Art. 8. — L'inspecteur général des ponts et chaussées, Directeur des travaux, est chargé de l'exécution du présent arrêté, dont ampliation sera adressée :

1° A M. le Préfet de police ;

2° A M. le Sous-Directeur des travaux ;

3° Aux Ingénieurs en chef de la voie publique (1re et 2e divisions) ;

Aux Ingénieurs en chefs des eaux et des égouts (2e et 3e divisions) ;

Au chef du 1er bureau de la 1re division du sécrétariat général, en double expédition, pour insertion au *Recueil des Actes Administratifs*.

Fait à Paris, le 10 novembre 1886.

Poubelle.

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL

Du 8 août 1894 complétant et modifiant le précédent.

(Cet arrêté a été annulé par décision du Conseil d'État et ne figure ici qu'à titre de renseignement.)

Le préfet de la Seine,

Vu la loi du 16-24 août 1790 ;

Vu les décrets des 26 mars 1852 et 10 octobre 1859 ;

Vu la délibération du Conseil municipal, en date du 25 mars 1892, portant règlement relatif à l'assainissement de Paris ;

Vu la loi du 10 juillet 1894,

Arrête :

I. — *Cabinets d'aisances.*

ARTICLE PREMIER. — Dans toute maison à construire, il devra y avoir un cabinet d'aisances par appartement, par logement ou par série de trois chambres louées séparément. Ce cabinet devra toujours être placé soit dans l'appartement ou logement, soit à proximité du logement ou des chambres desservies, et, dans ce cas, fermer à clef.

Dans les magasins, hôtels, théâtres, usines, ateliers, bureaux, écoles et établissements analogues, le nombre des cabinets d'aisances sera déterminé par l'Administration, dans la permission de construire, en prenant pour base le nombre de personnes appelées à faire usage de ces cabinets.

Dans les immeubles indiqués au paragraphe précédent, le propriétaire ou le principal locataire sera responsable de l'entretien en bon état de propreté des cabinets à usage commun.

ART. 2. — Tout cabinet d'aisances devra être muni de réservoirs ou d'appareils branchés sur la canalisation permettant de fournir dans ce cabinet une quantité d'eau suffisante pour assurer le lavage complet des appareils d'évacuation et entraîner rapidement les matières jusqu'à l'égout public.

ART. 3. — L'eau ainsi livrée dans les cabinets d'aisances devra arriver dans les cuvettes de manière à former une chasse vigoureuse. Les systèmes d'appareils et leurs dispositions générales seront soumis au Conseil municipal avant que leur emploi par les propriétaires soit autorisé. Ils seront examinés et reçus par le Service de l'assainissement de Paris avant la mise en service.

ART. 4. — Toute cuvette de cabinets d'aisances sera munie d'un appareil formant fermeture hydraulique et permanente.

Néanmoins, l'Administration pourra tolérer le maintien des installations, lorsque celles-ci le permettront, à la condition qu'il soit établi, à la base de chaque tuyau de chute, un réservoir de chasse automatique convenablement alimenté.

II. — *Eaux ménagères et pluviales.*

Art. 5. — Il sera placé une inflexion siphoïde formant fermeture hydraulique permanente à l'origine supérieure de chacun des tuyaux d'eau ménagère.

Art. 6. — Les tuyaux de descente des eaux pluviales seront munis également d'obturateurs à fermeture hydraulique permanente interceptant toute communication directe avec l'atmosphère de l'égout.

Art. 7. — Les tuyaux devront être aérés d'une manière continue.

III. — *Tuyaux de chute et conduites d'eaux ménagères et pluviales.*

Art. 8. — Les descentes d'eaux pluviales et ménagères et les tuyaux de chute destinés aux matières de vidange ne pourront avoir un diamètre inférieur à 8 centimètres ni supérieur à 16 centimètres.

Art. 9. — Les chutes des cabinets d'aisances avec leurs branchements ne pourront être placées sous un angle supérieur à 45° avec la verticale.

A l'origine supérieure de chacune de ces chutes, il devra toujours être placé une inflexion siphoïde formant fermeture hydraulique permanente, sous réserve de la tolérance prévue à l'article 4. Chaque tuyau de chute sera prolongé au-dessus du toit jusqu'au faitage et librement ouvert à sa partie supérieure.

Art. 10. — La projection de corps solides, débris de cuisine, de vaisselle, etc., dans les conduites d'eaux ménagères et pluviales, ainsi que dans les cuvettes des cabinets d'aisances est formellement interdite.

Art. 11. — Les descentes des eaux pluviales et ménagères et les tuyaux de chute seront prolongés jusqu'à la conduite générale d'évacuation, au moyen de canalisations secondaires dont le tracé devra être formé de parties rectilignes raccordées par des courbes.

A chaque changement de pente ou de direction, il sera ménagé un regard de visite fermé par un autoclave étanche et facilement accessible.

IV. — *Évacuation des matières de vidange, des eaux ménagères et des eaux pluviales.*

Art. 12. — L'évacuation des matières de vidange sera faite directement à l'égout public avec les eaux pluviales et ménagères dans les voies désignées par arrêtés préfectoraux après avis conforme du Conseil municipal, au moyen de canalisations parfaitement étanches, ventilées et prolongées dans le branchement particulier jusqu'à l'aplomb de l'égout public.

Art. 13. — Les canalisations auront une pente minima de 3 centimètres par mètre. Dans les cas exceptionnels où cette pente serait impossible ou difficile à réaliser, l'administration aura la faculté

d'autoriser des pentes plus faibles avec addition de réservoir de chasse et autres moyens d'expulsion à établir aux frais et pour le compte des propriétaires.

Art. 14. — Leur diamètre sera fixé, sur la proposition des intéressés, en raison de la pente disponible et du tube à évacuer.

Il ne sera en aucun cas inférieur à 12 centimètres.

Art. 15 — Chaque tuyau d'évacuation sera muni, avant sa sortie de la maison, d'un siphon dont la plongée ne pourra être inférieure à 7 centimètres, afin d'assurer l'occlusion hermétique et permanente entre la canalisation intérieure et l'égout public.

Chaque siphon sera muni d'une tubulure de visite avec fermeture étanche placée en amont de l'inflexion siphoïde.

Les modèles de ces siphons et appareils seront soumis à l'Administration et acceptés par elle.

Art. 16. — Les tuyaux d'évacuation et les siphons seront en grès vernissé ou autres produits admis par l'Administration. Les joints devront être étanches et exécutés avec le plus grand soin, sans bavure ni saillie intérieure.

La partie inférieure de la canalisation devra résister à une pression d'eau intérieure de 1 kilogramme par centimètre carré.

Art. 17. — Dans toute maison à construire, le branchement particulier d'égout devra être mis en communication avec l'intérieur de l'immeuble, et ce branchement devra être fermé par un mur pignon au droit même de l'égout public.

En ce qui concerne les maisons existantes, les propriétaires pourront être autorisés, sur leur demande, à mettre en communication avec l'intérieur de leur immeuble leur branchement particulier, et à y installer le siphon hydraulique obturateur du conduit d'évacuation, ainsi que le compteur de leur distribution d'eau ou tout autre appareil destiné à l'évacuation, sous réserve de l'établissement, au droit même de l'égout, d'un mur pignon fermant ce branchement.

Évacuation par canalisation spéciale.

Art. 18. — Dans les voies publiques où, par suite de circonstances exceptionnelles, les matières de vidange et les eaux ménagères ne seraient pas évacuées directement à l'égout public, des arrêtés spéciaux, pris après avis du Conseil municipal, prescriront les dispositions à adopter selon les exigences du système employé.

V. — *Époque de l'exécution des travaux.*

Art. 19. — Les dispositions du titre Ier relatives au nombre des cabinets d'aisances seront immédiatement applicables en ce qui concerne les maisons à construire. Elles pourront devenir exigibles dans les maisons déjà construites, si la salubrité le réclame, en exécution des lois et règlements existants ou à intervenir sur les logements insalubres.

Les autres dispositions du titre Ier ne seront appliquées que suc-

cessivement, dans les voies indiquées par les arrêtés préfectoraux dont il est question aux articles 12 et 18.

Les propriétaires riverains de ces voies auront un délai maximum de trois ans, compté à partir de la publication desdits arrêtés, pour appliquer les dispositions des articles 2, 3 et 4 du titre Ier, installer des occlusions hydrauliques, adapter la canalisation existante à l'évacuation des vidanges dans les conditions indiquées au présent règlement, et supprimer les fosses, tinettes et autres systèmes de vidange actuellement en usage.

Art. 20. — Les mêmes prescriptions et le même délai seront applicables aux voies privées qui aboutissent aux voies publiques sus-mentionnées et dont les propriétaires devront pourvoir en temps utile aux moyens généraux d'évacuation à l'égout public.

Art. 21. — Les projets d'établissement de canalisations de maisons neuves ou de transformation de canalisations de maisons déjà construites seront soumis, avant exécution, au Service de l'assainissement de Paris. Il en sera délivré un récépissé.

Ils comprendront l'indication détaillée avec plans et coupes, de tous les travaux à exécuter, tant pour la distribution de l'eau alimentaire que pour l'établissement des cabinets d'aisances et l'évacuation des matières de vidange, eaux ménagères et pluviales.

Vingt jours après le dépôt de ces projets, constaté par le récépissé du Service de l'assainissement, le propriétaire pourra commencer les travaux d'après son projet, s'il ne lui a été notifié aucune injonction.

L'entrepreneur restera d'ailleurs soumis à la déclaration préalable prescrite par l'ordonnance du 20 juillet 1838, article premier.

Après approbation de l'Administration et exécution, les ouvrages ne pourront être mis en service qu'après leur réception par les agents du Service de l'assainissement de Paris, assistés de l'architecte voyer, lesquels vérifieront, dans les dix jours de leur achèvement, si ces ouvrages sont conformes aux projets approuvés et aux dispositions prescrites par le présent règlement.

Art. 22. — Les fosses, caveaux, etc., rendus inutiles par suite de l'application de l'écoulement direct à l'égout, seront vidangés, désinfectés et comblés.

VI. — *Redevance.*

Art. 23. — Les propriétaires dont les immeubles seront desservis par l'écoulement direct payeront, pour le curage et l'entretien des égouts publics, la taxe fixée par l'article 3 de la loi du 10 juillet 1894.

Cette taxe sera exigible à partir du 1er janvier pour les immeubles qui se trouveront pratiquer à cette date l'évacuation directe des vidanges à l'égout. Elle le deviendra successivement, pour ceux où ledit système d'évacuation directe sera ultérieurement établi, à partir du 1er janvier de l'année qui suivra la mise en service des ouvrages et au plus tard la troisième année après la date des arrêtés préfectoraux mentionnés à l'article 12.

VII. — *Dispositions transitoires.*

Art. 24. — Dans les rues actuellement pourvues d'égouts, mais où l'écoulement direct n'est pas encore appliqué, il pourra être accordé provisoirement des autorisations pour écoulement des eaux vannes à l'égout par l'intermédiaire de tinettes filtrantes dans les conditions de l'arrêté du 20 novembre 1887 [1].

Art. 25. — Des fosses fixes nouvelles ne pourront être établies, à titre provisoire, que dans les cas à déterminer par l'Administration, et lorsque l'absence d'égout, les dispositions de l'égout public et de la canalisation d'eau, ou toute autre cause, ne permettront pas l'écoulement direct des matières de vidange à l'égout.

Art. 26. — L'installation et la disposition des fosses fixes et mobiles, des tinettes filtrantes existant actuellement, des tuyaux de chute et d'évent, etc., etc., restent soumises aux prescriptions des ordonnances, arrêtés et règlements en vigueur en tout ce à quoi il n'est pas dérogé par le présent règlement.

Art. 27. — Le présent règlement ne pourra être modifié qu'après avis du Conseil municipal.

VIII. — *Dispositions générales.*

Art. 28. — Les contraventions au présent règlement seront constatées par procès-verbaux ou rapports et poursuivies par toutes les voies de droit, sans préjudice des mesures administratives auxquelles ces contraventions pourraient donner lieu.

Art. 29. — L'inspecteur général des ponts et chaussées, directeur administratif des travaux et le directeur des affaires municipales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, dont ampliation sera adressée :

1° Au directeur administratif des travaux ;

2° Au directeur des affaires municipales ;

3° Au directeur des finances ;

4° A l'ingénieur en chef de l'assainissement ;

5° Au secrétariat général, pour insertion au *Recueil des Actes Administratifs*.

Fait à Paris, le 8 août 1894.

Poubelle.

[1] « Les eaux vannes devront être séparées des solides au moyen d'appareils diviseurs d'un modèle accepté par l'Administration. Les entrepreneurs chargés de la fourniture ou de l'entretien de ces appareils seront exclusivement choisis parmi les entrepreneurs de vidange en exercice à Paris. »

ARRÊTÉ RÉGLEMENTAIRE

Concernant l'écoulement direct à l'égout (remplaçant l'arrêté du 8 août 1894).

Application de la loi du 10 juillet 1894.

Le Préfet de la Seine,

Vu l'article 193 de la Coutume de Paris ;
Vu la loi des 16-24 août 1790 ;
Vu l'ordonnance du 5 juin 1834 ;
Vu la loi du 18 juillet 1837 ;
Vu l'ordonnance du 20 juillet 1838 ;
Vu la loi du 13 avril 1850 ;
Vu l'ordonnance du 23 octobre 1850 ;
Vu le décret-loi du 26 mars 1852 ;
Vu le décret du 10 octobre 1859 ;
Vu la loi du 24 juillet 1867 ;
Vu la loi du 10 juillet 1894 ;
Vu la décision du Conseil d'État en date du 1er mai 1896, qui porte notamment : « Considérant qu'il importe cependant que l'obligation imposée aux particuliers soit remplie sans que la salubrité dans la ville Paris puisse en être compromise; qu'à cet égard le préfet de la Seine était incontestablement fondé à user, dans l'intérêt de la salubrité publique, des pouvoirs qu'il tient de la loi des 16-24 août 1790 et des décrets du 26 mars 1852 et du 10 octobre 1859 ; qu'il pouvait ainsi prescrire l'emploi des chasses d'eau suffisantes pour assurer l'évacuation à l'égout des vidanges et des eaux ménagères, empêcher toute communication entre l'atmosphère de l'égout public et celle des immeubles riverains, en tenant compte de ce que l'égout reçoit aussi des eaux pluviales et ménagères; qu'il pouvait également défendre la projection à l'égout de tout autre corps solide que les matières de vidange et ordonner la désinfection des fosses supprimées... »

Arrête :

Article premier. — L'évacuation des matières solides et liquides des cabinets d'aisances sera faite directement à l'égout public dans les voies désignées par délibérations du conseil municipal régulièrement approuvées.

Art. 2. — Le délai de trois ans accordé par l'article 2, paragraphe 2, de la loi du 10 juillet 1894 pour les transformations à effectuer à cet effet dans les maisons anciennes court à partir de la date fixée par les arrêtés d'approbation.

Art. 3. — Des chasses d'eau suffisantes devront assurer l'évacuation à l'égout, et les dispositions adoptées devront empêcher toute

communication entre l'atmosphère de l'égout public et celle des immeubles riverains.

Art. 4. — Tout propriétaire se disposant à installer dans son immeuble l'écoulement direct à l'égout des matières de vidange devra adresser à l'administration les plans et coupes cotés des travaux projetés, permettant de s'assurer de l'exécution des prescriptions du présent arrêté. A défaut d'avis de la part de l'administration, les travaux pourront être entrepris vingt jours après le dépôt des plans, constaté par récépissé.

L'entrepreneur restera soumis à la déclaration préalable prescrite par l'ordonnance du 20 juillet 1838 (art. 1er).

Art. 5. — Les fosses et caveaux rendus inutiles par suite de l'application de l'écoulement direct à l'égout seront vidés et immédiatement désinfectés.

Art. 6. — La projection à l'égout de tout autre corps solide que les matières de vidange est formellement interdite.

Art. 7. — Les contraventions aux prescriptions qui précèdent seront poursuivies par toutes voies de droit.

Art. 8. — L'arrêté du 9 mai 1896 est rapporté.

Art. 9. — Le directeur administratif de la voie publique, des eaux et des égouts et le directeur des affaires municipales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, dont ampliation sera adressée, etc.

Fait à Paris, le 24 décembre 1897.

J. de Selves.

Système diviseur. — Ce système est un moyen terme entre la fosse fixe et le *tout à l'égout*. C'est un appareil filtrant appelé tinette qui retient les matières solides et laisse écouler les liquides qui ont préalablement dilué les matières et en entraînent une partie.

Le règlement, en ce qui concerne les conditions d'établissement de la canalisation destinée à drainer à l'égout les eaux vannes et ménagères, est le même que celui ci-dessus.

Le système diviseur nécessite une fosse de petite dimension, dite *fosse mobile*, qui doit avoir au moins une surface de 2 mètres carrés et une largeur minima de 1 mètre. Les murs de ce caveau doivent être construits en maçonnerie étanche; a voûte est facultative et peut être remplacée par un plancher en fer hourdé en maçonnerie hydraulique; cette petite fosse est du reste construite et enduite comme la fosse fixe que nous avons vue au chapitre *Maçonnerie*, avec radier enduit et for-

(Voir dans notre *Traité de Législation du bâtiment et des usines*, publié à la même librairie, les lois régissant le tout-à-l'égout.)

mant cuvette sous l'appareil filtrant. La fermeture est faite d'une porte pleine en bois, et un ventilateur est nécessaire.

Si maintenant nous réfléchissons que le système du *tout à l'égout* est très discuté, et aussi que les autorisations d'installation peuvent être révocables, nous dirons qu'il est toujours prudent de ménager au bas de la chute une fosse mobile qui, à un moment donné, rendra extrêmement facile, par la simple interposition d'une tinette, la transformation du *tout à l'égout* en système diviseur.

Entrées d'eaux pluviales. — Les eaux, amenées par la descente, débouchent directement au-dessus du siphon, mais en traversant préalablement une grille protégée elle-même par une autre placée au niveau du sol et dont les barreaux croisent ceux de la précédente.

La grille de protection peut être avantageusement remplacée par un panier mobile qui récolte les matières solides et ne laisse passer que les liquides. De temps en temps on vide ce panier qui a arrêté les ordures.

Installations pour pierres d'éviers. — L'installation ordinaire se fait simplement avec une bonde siphoïde pour toute protection. Ainsi réduite, elle est défectueuse pour deux raisons : 1° parce que la bonde est rarement en place, et par conséquent ne peut empêcher le passage des odeurs ; 2° parce que la plongée, étant à peine de quelques millimètres, il arrive souvent (surtout pendant la saison chaude) que l'eau destinée à faire fermeture hydraulique se vaporise et laisse l'appareil à sec. De plus, les matières solides s'amassent aussi dans le petit canal circulaire, et la bonde, loin de plonger dans le liquide, est maintenue soulevée et laisse aussi passer les émanations provenant de la canalisation.

Plus perfectionnée est l'installation avec siphon. L'évier dans ce cas est simplement muni d'une grille pour empêcher les matières solides de pénétrer ; au-dessous est placé un siphon entre l'évier et le plomb de décharge. Ce siphon, très sujet à s'obstruer, étant donné les matières grasses ou autres charriées par les eaux de cuisine, est muni d'un tampon à vis pour en permettre le nettoyage (fig. 1386).

A propos de cette première application du siphon, nous devons revenir sur une disposition sans laquelle cet appareil ne servirait à rien dans un grand nombre de cas. De même, dit M. Hellyer, qu'une porte dont la serrure est brisée ne sert à rien pour préserver des voleurs, ainsi un siphon qui a perdu

sa plongée ne peut plus préserver de l'air vicié provenant des tuyaux de vidange, des tuyaux de chute ou des drains d'égout. Par le fait, la seule valeur d'un siphon consiste dans sa plongée d'eau, et s'il ne peut être maintenu dans les conditions auxquelles il doit être assujetti dans la pratique, il devient un siphon dans un sens tout différent de celui qu'on entend.

De plus, un grand nombre des siphons actuellement en usage perdent souvent leur efficacité par les causes suivantes : parce

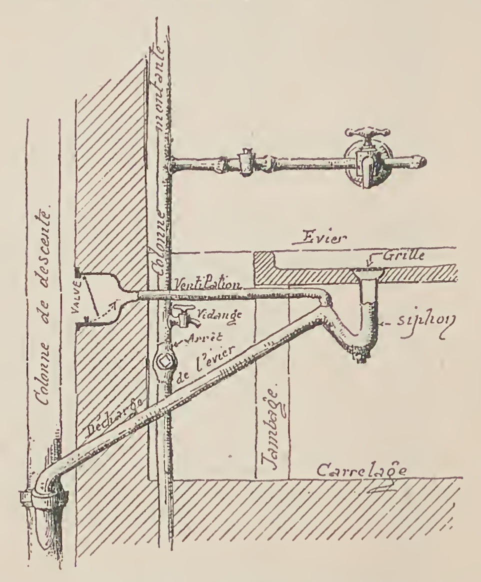


Fig. 1386. — Installation d'évier.

qu'ils sont mal construits ; à cause de l'insuffisance de la plongée et par une ventilation inefficace. 1° Mal construits, ou plutôt mal combinés, ils mettent un obstacle à l'écoulement prompt de l'eau et retiennent volontiers les matières solides ; 2° si la plongée est insuffisante, ils peuvent être désamorcés, c'est-à-dire mis à sec par une chute violente d'un certain volume d'eau faisant appel en tombant, ou encore par vaporisation ; une chute d'eau peut avoir un autre inconvénient : tout en faisant le vide par en haut, elle fait pression par le bas, et si nous supposons un siphon placé dans les conditions de faible plongée et de non-ventilation, il arrive que l'eau est chassée en dehors du siphon ; 3° dans le dernier cas, la ventilation seule par le tuyau de chute est inefficace et le siphon est fréquemment désamorcé.

Le remède à ce mal est dans la ventilation directe du siphon

(voir fig. 1386). Si maintenant nous supposons dans le tuyau de chute une forte chasse d'eau capable de faire le vide, l'appel dans les conduites secondaires se fera dans le sens des flèches et laissera en place la charge du siphon parce qu'elle présente par son poids une résistance plus grande.

Nous représentons la ventilation du siphon faite de deux manières : premièrement, quand plusieurs éviers (ou appareils quelconques) se trouvent superposés, on les ventile par des greffages sur un tuyau qui va lui-même se perdre à la partie supérieure dans la chute à $1^{m},50$ environ au-dessus du dernier siphon. Le deuxième cas concerne un évier isolé. On prend alors l'air directement à l'extérieur et on évite les émanations possibles au moyen d'une valve en mica qui ne s'ouvre que lorsqu'il y a aspiration, c'est-à-dire danger de désamorçage du siphon.

M. Hellyer insiste beaucoup dans son livre sur la nécessité de recueillir les graisses dont sont chargées les eaux de cuisine[1], pour les empêcher de s'écouler dans les drains où elles se coagulent et forment des masses qui font obstacle à l'écoulement des eaux, entrent en putréfaction et dégagent des odeurs qui trouvent fatalement passage. Il cite à l'appui des exemples d'engorgements graisseux bouchant complètement les conduits ; de plus, il s'élève avec beaucoup de raison, croyons-nous, contre l'emploi de la pierre (souvent poreuse et toujours absorbante) pour la confection des éviers, estimant que la porcelaine conviendrait mieux et donnerait moins de mauvaises odeurs.

A ce sujet, qu'il nous soit permis d'émettre une idée : ne pourrait-on obtenir un bon résultat en coulant en verre opaque des éviers comme on le fait en fonte ? On fait des dalles et des tuiles fort solides et il est évident que les éviers en verre donneraient les mêmes conditions de solidité au moins que la pierre.

Revenant à la question des graisses, nous nous contenterons d'indiquer un mode de siphonnage particulier inventé par M. Hellyer. C'est un siphon formé d'une boîte rectangulaire de $0^{m},55$ de long environ, à couvercle mobile, dans laquelle doit séjourner une quantité d'eau qui se nivelle avec le point inférieur du drain d'évacuation : dans cette eau viennent plonger de $0^{m},07$ deux tubes, un d'entrée et un de sortie, placés aux deux extrémités de la boîte (fig. 1387), de manière que les eaux grasses pénétrant par le tube A sont obligées de traverser la

[1] Nous avons nous-mêmes trouvé 15 litres de graisses agglomérées dans un coude de drain de 0,16 dont l'installation avait moins de dix années. Ce coude était entièrement obstrué et le reste de la canalisation était en moyenne rempli jusque près de l'axe des tuyaux.

nappe d'eau froide pour aller retrouver le tube conduisant au drain. Pendant le trajet d'un tube à l'autre, la graisse solidifiée par le froid et plus légère que l'eau remonte à la surface entre

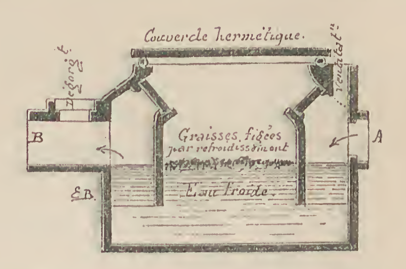


Fig. 1387. — Siphon récoltant les graisses.

les deux tubes et séjourne là jusqu'au moment où on fait le curage, qui se fait en dévissant la plaque, et aussi souvent que le nécessite le débit d'eaux grasses donné par la cuisine.

Installations de cabinets d'aisances. — Le siège *commun* n'était souvent qu'une simple planche percée d'un trou. Le siège dit *à la turque* est simplement formé d'un trou légèrement évasé, de $0^{m},15$ à $0^{m},20$ de diamètre et percé dans une pierre formant le sol du cabinet et taillée en pente de manière à ramener tous les liquides vers le trou, de chaque côté duquel sont ménagées deux saillies en forme de semelles sur lesquelles

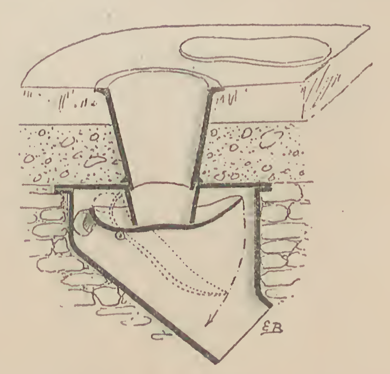


Fig. 1388. — Appareil Rogier-Mothe.

on pose les pieds (fig. 1388). A ce genre de siège on a adapté pour intercepter le passage des gaz méphitiques divers appareils dont le plus simple est celui du système Rogier-Mothe, que

nous indiquons dans la figure précédente. Viennent ensuite les sièges à bascule ou automatiques.

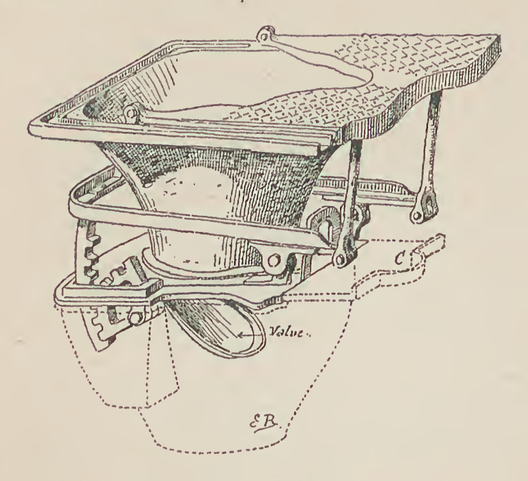


Fig. 1389. — Appareil système Havard frères.

Le système Havard frères, que nous représentons figure 1389, se compose d'un abattant appuyé sur deux tiges à charnières

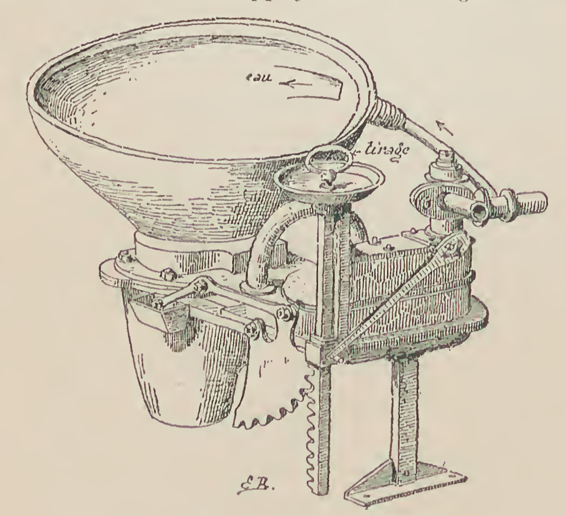


Fig. 1390. — Appareil à effet d'eau.

fixées au levier cintré par deux branches parallèles. A l'extrémité de ce levier est attachée une tige dentée s'engrenant avec

le secteur de la valve qui ferme l'orifice inférieur de la cuvette. Ce levier fait aussi l'office de contrepoids, et, en venant appuyer sous la cuvette de fonte sa partie qui fait la plus longue course, il assure au moyen d'un secteur denté l'ouverture complète de la valve. Une cuiller *c* placée au niveau du sol recueille les liquides et les écoule dans la conduite. Cet appareil, d'un très bon mécanisme, a l'inconvénient de tenir la valve ouverte pendant tout le temps que le siège est chargé, ce qui permet aux émanations de remonter.

Ces appareils communs ne s'emploient qu'au rez-de-chaussée, dans les cours. Pour les étages, même dans les maisons à loyer

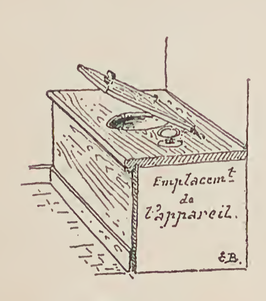


Fig. 1391.
Siège en bois.

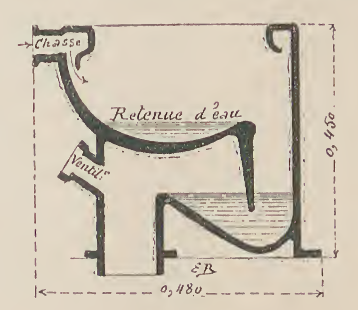


Fig. 1392.
Section d'un appareil siphoïde.

très simples, on emploie des appareils plus perfectionnés avec cuvettes en faïence, valve à tirage et réservoir en zinc placé à une certaine hauteur. Ceux à effet d'eau sont préférables, nous en représentons un type figure 1390. Ces appareils sont ordinairement enfermés dans une enveloppe en menuiserie de chêne que nous donnons figure 1391.

Actuellement, l'installation des cabinets d'aisance est particulièrement soignée. Les sièges se font en bois précieux, toutes les ferrures sont nikelées ou dorées; les parois de la pièce où se trouve l'appareil sont richement décorées ou revêtues de faïence. Enfin tout le luxe qu'on peut imaginer se trouve parfois employé pour la décoration de cet endroit privé.

Les cuvettes se font en grès et en faïence, en une ou deux pièces (fig. 1392, 1393). La seconde vaut mieux, quoique ce soit un principe d'éviter les joints, il faut laisser le siphon complètement solidaire avec le tuyau de chute; parce que si l'on a quelques réparations à faire à l'appareil, on peut ainsi l'enlever sans exposer la maison aux émanations du tuyau de chute, de vidange ou du drain.

Il y a encore, dit M. Hellyer, une autre raison plus importante pour laquelle le siphon devrait être indépendant de l'appareil. La jonction de l'appareil sanitaire avec le siphon n'est pas aussi importante que celle du siphon avec les tuyaux de vidange ou de chute, car ce dernier étant sur le côté du drain de la plongée d'eau du siphon permettrait de pénétrer par le joint défectueux de ce tuyau dans l'intérieur de la maison, comme l'indiquent les flèches en A (fig. 1394). Il est donc intéressant de ne pas refaire souvent ce joint qui pourrait être mal fait, alors qu'il réclame, comme tous les autres joints du reste, une entière perfection.

Le tuyau de chute doit, autant que possible, être placé à l'extérieur, parce que les défauts que peuvent présenter les joints sont là moins dangereux, le diamètre intérieur variera de 0m,100 à 0m,160 ; il peut s'établir en grès ou en fonte. Si pour une cause quelconque on est forcé de placer ce tuyau à l'intérieur, il faut alors le faire en plomb de

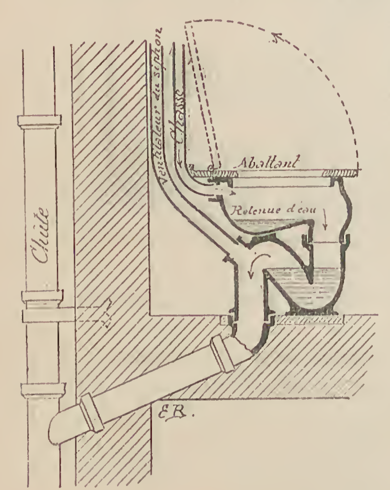


Fig. 1393. — Installation d'un appareil.

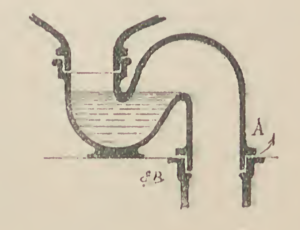


Fig. 1394. — Coupe d'un siphon.

0m,005 d'épaisseur et 0m,08 à 0m,11 de diamètre intérieur. Ce tuyau peut donner un travail parfait parce qu'il peut supprimer entièrement les joints et par conséquent les chances d'émanations. La densité considérable du plomb est ici un inconvénient ; le tuyau tend à glisser, et on l'en empêche en soudant au-dessus de chaque collier une petite collerette qui s'appuie sur ce dernier.

Voici, figure 1395, une installation d'appareils superposés. Les décharges B des siphons sont en plomb de 0m,08 intérieur ; la ventilation des siphons est en plomb de 0m,04 intérieur et va se perdre en contre-haut dans le tuyau de chute. Nous avons

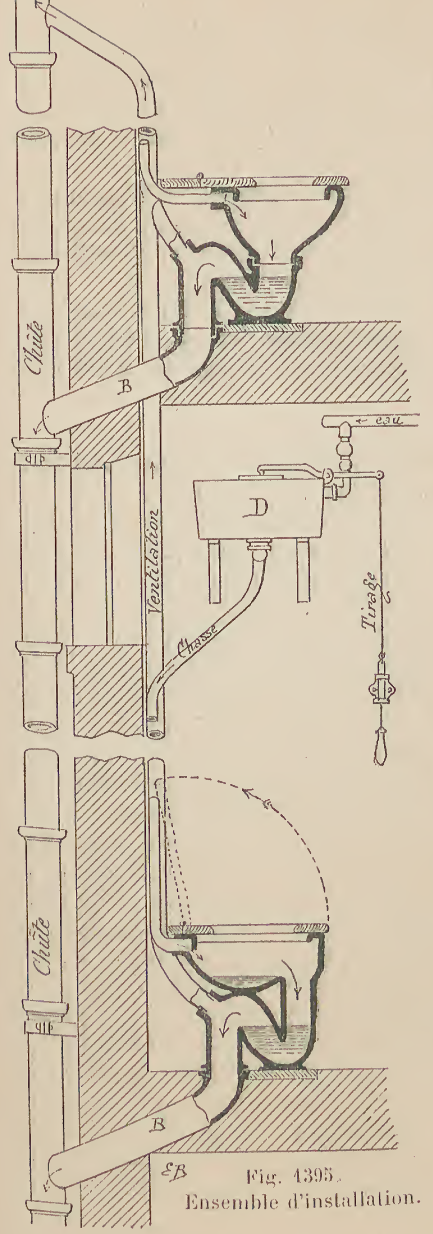


Fig. 1395.
Ensemble d'installation.

déjà parlé de la nécessité de ventiler chaque siphon pour le préserver d'un désamorçage produit par l'appel violent que ferait une forte chute d'eau dans la conduite.

A chacun de ces appareils est adapté un réservoir de chasses D qui jette avec une grande violence une quantité d'eau qui ne peut être inférieure à 6 litres (il faut pour assurer un bon service 12 à 15 litres) et qui entraîne les matières avec l'eau de la plongée ; cette eau de plongée est renouvelée à la fin de la chasse.

Le réservoir de chasses, complément d'une bonne installation, est un appareil qui permet de décharger très rapidement une certaine quantité d'eau dans une cuvette siphoïde pour en expulser le contenu et renouveler l'eau de la plongée.

Un bon réservoir de chasses doit produire le maximum d'effet avec le minimum d'eau, et son amorçage doit se faire facilement. Il doit débiter 10 litres en 4 secondes, passé ce temps, la chasse n'a plus d'effet.

Pour les cabinets privés, la chasse varie de 6 à 10 litres suivant le diamètre de la

cuvette ; pour les cabinets communs avec terrasson, il faut de 12 à 15 litres.

La sortie de siphon du réservoir est de diamètre variable suivant la capacité du réservoir, elle doit avoir au moins $0^m,035$ de diamètre intérieur pour un réservoir de 10 litres ; $0^m,045$ pour un réservoir de 15 litres.

Ces diamètres supposent le réservoir placé à $1^m,75$ au moins au-dessus du siège ; si on ne peut disposer de cette hauteur il faut porter le diamètre de la sortie à $0^m,040$ pour le réservoir de 10 litres, et à $0^m,050$ pour celui de 15 litres.

Autant qu'il est possible, pour conserver à la chasse toute son énergie, le réservoir doit se trouver dans l'axe de la cuvette de manière à ce que le tuyau de sortie soit exempt de coudes ou courbures.

Installations d'urinoirs. — L'urinoir est souvent constitué par une simple stalle au bas de laquelle se trouve un trou garni par une bonde siphoïde. Cette installation éminemment défectueuse ne peut être admise qu'en plein air : « l'urine est si corrosive qu'elle doit être reçue et diluée dans l'eau avant de se rendre dans le tuyau de vidange ; ou bien l'eau doit être amenée dans le bassin d'urinoir au moment où l'on en fait usage, pour neutraliser l'effet de l'urine sur le tuyau de vidange, etc., et l'empêcher de s'oxyder et de devenir nuisible et malsain.

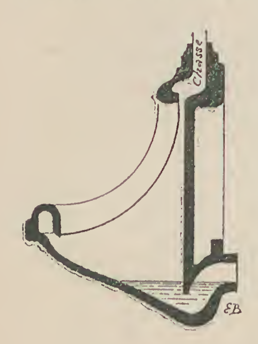


Fig. 1396.
Urinoir.

« L'urine doit être confinée dans des limites aussi étroites que possible, afin d'économiser l'eau, que l'on disposera de manière à l'entraîner rapidement[1]. »

Ces considérations amènent à recommander l'emploi de la cuvette d'urinoir que nous représentons (fig. 1396). Dans les urinoirs groupés, il faut éviter de faire descendre les séparations jusqu'au sol, il faut au contraire laisser largement la place nécessaire pour permettre un complet nettoyage. Le service d'eau qui peut être continu ou n'avoir lieu qu'à certains moments est destiné à renouveler l'eau de plongée de la cuvette après que celle-ci a dilué et entraîné les urines. Comme on le voit en G, un siphon intercepteur ventilé, en H, empêche les

[1] Hellyer. *La Plomberie.*

odeurs du drain de remonter, ce drain est lui-même ventilé en K (fig. 1397).

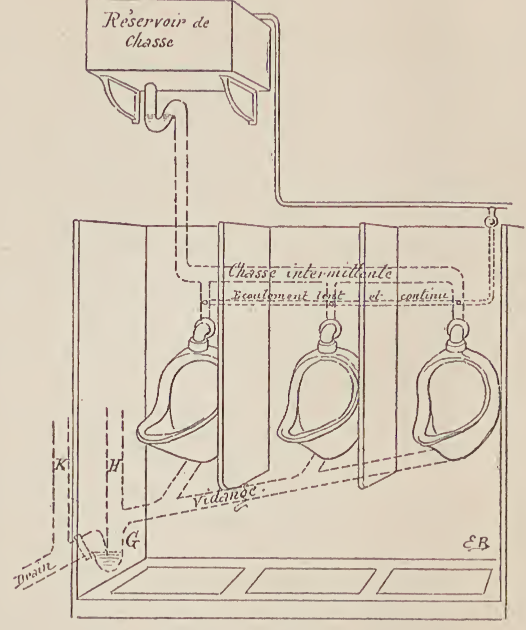


Fig. 1397. — Groupe d'urinoirs.

Intallations de lavabos. — Il faut prendre absolument les mêmes précautions que dans les installations qui précèdent

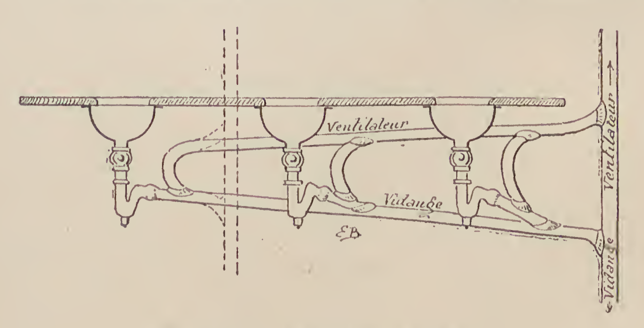


Fig. 1398. — Groupe de lavabos.

c'est-à-dire intercepter au moyen de siphons les émanations venant des conduits de vidange ou des drains. La figure 1398

qui représente plusieurs lavabos peut aussi servir pour un lavabo isolé ; il suffirait par exemple de reporter le tuyau de vidange à la place où nous l'indiquons en ponctué.

Intallations de salles de bains. — Avant de nous occuper de la vidange nous dirons quelques mots des moyens employés pour obtenir l'eau chaude nécessaire.

Le chauffe-bain à gaz est pratique ; il demande environ quinze minutes en moyenne pour obtenir un bain. Mais un procédé qui nous paraît préférable est celui appelé « *va-et-vient* », qui est le principe du thermosiphon. Un réservoir chauffé par le fourneau de cuisine reçoit deux conduites à deux niveaux différents; ces conduites aboutissent à la baignoire et le courant s'établissant par la différence de densité de l'eau froide et de l'eau chaude il en résulte que l'on a toujours, à n'importe quel moment, un bain tout prêt, puisque dans une saison quelconque il y a du feu à la cuisine [1].

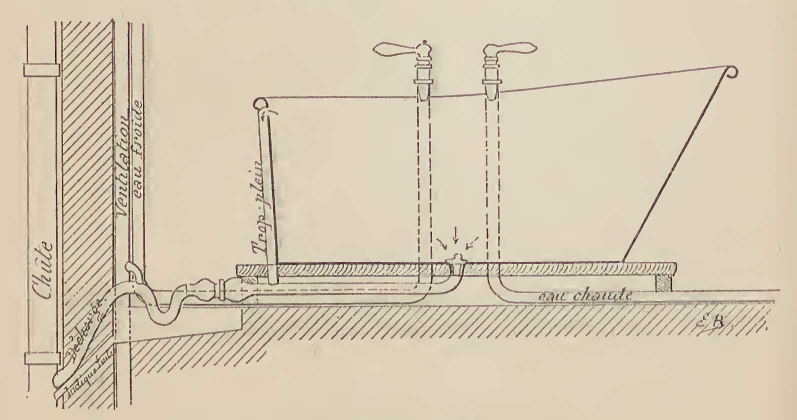


Fig. 1399. — Installation de baignoire.

Au sujet de la vidange des bains nous citerons encore M. Hellyer :

« Toutes les vidanges de bains devraient se décharger par une extrémité ouverte en dehors des murs de la maison dans un siphon intercepteur d'égout se nettoyant automatiquement. Le principal tuyau de vidange devrait aboutir à l'air extérieur pour la ventilation, au-dessus et loin de toutes les fenêtres. Les siphons ou branchements de vidanges devraient être ventilés

[1] Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre *Chauffage*.

au moyen d'un tuyau en plomb d'une section égale à celle de la principale vidange afin d'empêcher le siphonnage (*Désamorçage des siphons*) (fig. 1399).

« Il est très important de s'assurer que chaque siphon fixé sur une vidange de bain a le pouvoir de conserver sa plongée, car le frottement et la puissance d'aspiration d'un volume d'eau de deux bains ou plus en même temps à travers le tuyau principal, est si considérable, surtout quand ce tuyau est d'un petit calibre, que, à moins que tous les siphons sur le tuyau n'aient une bonne plongée et ne soient bien ventilés, ils sont exposés à être désiphonnés. »

Nous terminerons la plomberie sanitaire par quelques descriptions d'installations spéciales pour les voies publiques, urinoirs et chalets de nécessité. Les services que rendent ces petits édicules ne sont plus à démontrer et ils contribuent puissamment à la propreté et à l'hygiène.

Urinoir à écran uni. — Il se fait à deux places ou à quatre places et à écran double ; il convient pour des voies très larges, quand il peut être placé suffisamment loin des habitations. Quand au contraire on est obligé de l'établir à une faible distance des maisons, il faut le compléter par un écran découpé interceptant la vue.

Ce type d'urinoir peut être fait pour un plus grand nombre de places ; la quantité en est, on le comprend, indéfinie. Les stalles ont $0^{m},38$ de profondeur et $0^{m},60$ de largeur.

Urinoir à stalles rayonnantes. — Convient aux mêmes emplacements que le précédent. Un urinoir à 6 places peut être inscrit dans un cercle de $0^{m},75$ de rayon ; les écrans sont à quatre entrées.

Urinoir-kiosque lumineux. — Ce modèle convient aux voies très fréquentées. Il est à trois stalles, avec écran mixte en tôle, ajouré par le haut et plein par le bas ; la partie supérieure vitrée et éclairée à l'intérieur convient pour l'affichage diurne et nocturne. La couverture est en zinc bronzé à l'effet.

Urinoir à stalles couvertes. — Dans les exemples précédents, le promeneur qui s'arrête pour satisfaire une nécessité ne se trouve pas abrité ; on a voulu éviter cet inconvénient en donnant au chéneau du kiosque un développement suffisant pour qu'il puisse servir d'abri. Le modèle, installé au Palais-Royal à Paris, est à six places avec écrans masquant les entrées.

Un autre type d'urinoir couvert également, employé par la

ville de Paris, est à six stalles avec écrans dont les montants passent pour supporter la couverture ; le treillis qu'on voit à la partie supérieure complète l'écran en tôle et assure la ventilation.

CHALETS DE NÉCESSITÉ

La construction de cabinets d'aisances sur la voie publique s'impose à toutes les grandes villes, et s'il ne suffisait de la raison d'utilité qui est indiscutable, on pourrait faire valoir ce fait que les entreprises de chalets de nécessité ont parfaitement réussi et ont largement rémunéré les fonds ayant servi à la construction.

Ces chalets, comme les urinoirs, se font plus ou moins importants suivant les emplacements sans cependant être inférieurs à quatre stalles. Placés dans un endroit très fréquenté, on les fait à six ou huit places avec cabinets de toilette et bureau-vestiaire.

Il va sans dire que ces cabinets d'aisances doivent être établis, surtout au point de vue des appareils, avec le plus grand soin ; ils doivent disposer d'une chasse d'eau considérable, être parfaitement siphonnés, et enfin ventilés.

Au point de vue de la construction proprement dite, ils doivent présenter un caractère propre qui permette de les trouver facilement ; il faut cependant les traiter d'une manière assez artistique pour les mettre à même de figurer sans trop de désavantage auprès des autres kiosques et constructions. Comme les urinoirs, les chalets de nécessité peuvent servir à la publicité.

CHAPITRE XIII

CHAUFFAGE ET VENTILATION

Des combustibles. — Puissance calorique spécifique. — Puissance calorique pyrométrique. — Houille. — Coke. — Anthracite. — Charbon de bois. — Bois. — Huiles minérales. — Pouvoirs caloriques de divers combustibles.

Divers. — Composition de l'air. — Air nécessaire à la combustion. — Conductibilité des corps. — Chaleur rayonnante. — Chaleur dégagée par l'éclairage.

Cheminée d'appartement. — Cheminée proprement dite. — Dimensions. — Détails. — Ventouses. — Appareil Leras. — Appareil Fondet. — Cheminée Cordier. — Cheminée Fortel. — Appareil Manceau. — Appareil C. Joly.

Poêles. — Poêles en métal. — Défauts. — Poêles en faïence. — Poêles-cheminées.

Calorifères à air chaud. — Prise d'air. — Conduites d'air chaud ou canaux. — Bouches de chaleur. — Surface de grille. — Surface de chauffe. — Conduites de fumée. — Ordonnance concernant les conduites de fumée à Paris. — Chambre de chaleur. — Appareils à cloche. — Appareils Michel Perret.

Chauffage par l'eau chaude. — Chauffage à basse pression. — Chauffage de bain. — Chauffage à haute pression. — Système Perkins. — Chaudière. — L'eau. — Les tuyaux. — Joints.

Chauffage par la vapeur à basse pression.

Chauffage par le gaz. — Emploi. — Avantages. — Moteurs. — Cheminées à gaz. — Poêles à gaz. — Consommation.

Chauffage des serres. — Conditions à remplir. — Déperditions par les surfaces vitrées, par renouvellement d'air. — Examen des quantités. — Conduites. — Chaudières. — Tableaux divers.

Ventilation. — Principes. — Introduction de l'air. — Température de l'air. — Évacuation de l'air. — Volume d'air. — Ventilation par appel.

DES COMBUSTIBLES

On désigne sous le nom de combustibles les corps qu'on emploie pour produire de la chaleur et de la lumière en les combinant avec l'oxygène atmosphérique (ou tout autre com-

burant). Nous ne nous occuperons pas ici de la lumière, nous n'étudierons que les effets caloriques, qui seuls nous intéressent.

Les combustibles sont composés de carbone, d'hydrogène et de divers éléments qui varient avec la nature desdits combustibles. Ils peuvent être présentés sous trois formes différentes :

1° A l'état gazeux, et alors ils proviennent d'une transformation de corps combustibles solides ou liquides ;

2° A l'état liquide, comme le pétrole, le schiste, les huiles et l'alcool ;

3° A l'état solide, comme le bois, la houille, le coke, la tourbe, etc.

L'évaluation des quantités de chaleur comporte l'établissement d'une unité spéciale appelée *calorie* et qui est déterminée par l'élévation d'un degré centigrade de la température d'un litre ou d'un kilogramme d'eau à l'état liquide.

Dix calories, par exemple, représentent la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température de dix litres d'eau, ou pour porter à dix degrés la température d'un litre d'eau.

La *puissance calorifique absolue* d'un combustible est le nombre d'unités de chaleur, ou calories développées par la combustion d'un kilogramme de ce combustible.

La *puissance calorifique spécifique* d'un combustible est le nombre de calories développées par un décimètre cube de ce combustible. Elle est égale au produit de la puissance calorique absolue par le poids spécifique du combustible.

La *puissance calorifique pyrométrique* d'un combustible est le nombre de degrés centigrades correspondant à la température développée par la combustion d'un kilogramme de ce combustible.

Houille. — La houille est une roche noire plus ou moins foncée, résultat de la destruction des forêts herbacées, due à des bouleversements de l'écorce terrestre ; elle contient du carbone, des gaz bitumineux et des matières infusibles et terreuses.

On distingue : la *houille grasse* bitumineuse, la *houille demi-grasse* flambante, la *houille maigre* à courte flamme et la *houille sèche*.

Coke. — Le coke est le résidu de la distillation de la houille ; il est d'un aspect poreux et de couleur gris fer. Il brûle presque sans flamme et s'éteint à l'air libre, mais il peut se maintenir longtemps en ignition s'il est mis en masse dans un foyer bien ventilé. Il convient dans les appareils à combustion lente.

Anthracite. — L'anthracite est un charbon fossile formé probablement de plantes primitives, palmiers et fougères, dans une atmosphère très riche en carbone et soumise à une immense chaleur et à une énorme pression. Ce charbon contient 93 p. 100 de carbone et renferme peu de soufre ; il brûle sans flamme ni fumée et est très difficile à allumer, et convient aux appareils à combustion lente, comme par exemple les poêles mobiles, dans lesquels ce charbon ne nécessite de chargement que toutes les vingt-quatre heures.

Charbon de bois. — Le charbon de bois est le résidu fixe qui provient de la distillation du bois et de sa combustion incomplète. Il est composé de :

Carbone	38,5
Eau combinée	35,5
Cendres	1,0
Eau libre	25,0
	100,0

Le charbon de bois s'obtient, soit brûlé en plein air en meules, *procédé des forêts*, soit dans des vastes distillatoires qui permettent, en plus du charbon, de recueillir les produits volatils riches en acide acétique et en esprit de bois. Le bois donne en charbon 35 p. 100 de son volume.

Le charbon de bois est dense s'il est le produit d'un bois dur, et léger s'il provient d'un bois blanc ; ainsi, le mètre cube de charbon, pèse, suivant l'essence du bois qui l'a produit :

Chêne et bois dur, 200 à 240 kilogrammes ;

Sapin et bois tendre, 179 kilogrammes ;

Pin et sapin, 180 à 183 kilogrammes.

Il ne commence à brûler qu'à 240° et dégage beaucoup d'acide carbonique.

Il ne sert guère dans le chauffage domestique que pour la cuisson des aliments.

Bois. — C'est certainement le plus ancien combustible, mais c'est aussi celui qui est destiné à disparaître le premier. Il semble même dans certains pays qu'on ait hâte de n'en plus avoir ; nous avons vu chauffer au bois des locomotives ; c'était, paraît-il, plus économique.

Le bois se trouve presque partout à la surface du globe. Il se compose en moyenne de 50 p. 100 de carbone et de 50 p. 100 d'oxygène et d'hydrogène. Sa puissance calorifique dépend

beaucoup de sa siccité, à cause de la chaleur absorbée pour faire passer à l'état de vapeur l'eau contenue dans les fibres ligneuses.

Huiles minérales. — Les huiles empyreumatiques naturelles ne sont pas encore appliquées au chauffage, mais déjà on ne se contente plus de les employer pour l'éclairage, on les emploie aussi pour la cuisson des aliments et pour faire fonctionner des moteurs.

Gaz. — Le gaz d'éclairage, employé aussi pour les petits chauffages et les moteurs, est un carbure d'hydrogène obtenu par la distillation de la houille.

POUVOIRS CALORIQUES DE DIVERS COMBUSTIBLES

(*rapportés au kilogramme.*)

Hydrogène carboné	6.622	calories
Gaz oléfiant.	6,833	—
Gaz d'éclairage	10,260 à 13,000	—
Oxyde de carbone	1,944	—
Alcool (densité 0,812)	6,194	—
Ether sulfurique (densité 0,7).	8,030	—
Naphte.	7,333	—
Huile de pétrole.	9,460	—
Huile d'olive	9,000	—
Huile de navette ou de colza	9,300	—
Cire jaune	10,344	—
Cire blanche	9.820	—
Suif	8.370	—
Charbon de bois sec ou distillé	7.050	—
Charbon de bois ordinaire	6,000	—
Coke pur	7,050	—
Houille de 1re qualité	7,050	—
— 2e —	6,345	—
— 3e —	5,932	—
Anthracite	7,950	—
Bois séché au feu	3,666	—
Bois séché à l'air	2,945	—
Tourbe ordinaire	1,500	—
Tourbe de première qualité	3,000	—

Composition de l'air. — La combustion d'un corps est la combinaison de ce corps avec l'oxygène contenu dans l'air.

En volume, un mètre cube d'air renferme :

Oxygène	$0^{m3},2050$
Azote	$0^{m3},7820$
Vapeur d'eau	$0^{m3},0125$
Acide carbonique	$0^{m3},0005$
	$1^{m3},0000$

En poids, un kilogramme d'air contient :

Oxygène	$0^{k}.228$
Azote	$0^{k},763$
Vapeur d'eau	$0^{k},008$
Acide carbonique	$0^{k},001$
	$1^{k},000$

Pris à la température moyenne de 15°, et saturé aux trois quarts de vapeur d'eau, un mètre cube d'air contient en poids :

Oxygène	$0^{k},278$
Azote	$0^{k},925$
Vapeur d'eau	$0^{k},010$
Acide carbonique	$0^{k},001$
	$1^{k},214$

Quantité d'air nécessaire à la combustion :

1 kilogramme de carbone pur exige $9^{m3},600$ d'air à 0°, ou $11^{k},65$;
1 — d'hydrogène pur exige $28^{m3},800$ d'air à 0°, ou $34^{k}.96$;
1 — de bois exigera $3^{m3}.500$ d'air.

Conductibilité des corps. — Suivant leur composition chimique et moléculaire, les corps sont plus ou moins propres à être pénétrés par la chaleur et à lui servir de véhicule.

L'air et les gaz sont de très mauvais conducteurs ; il en est de même des corps déliés et divisés, telles que les poussières. Nos vêtements ne sont pas chauds par eux-mêmes ; mais, à raison de leur mauvaise conductibilité, ils empêchent le passage de la chaleur naturelle que dégage notre corps.

Considérons dans un corps, dit M. Planat, soit une tranche solide, soit une couche liquide ou gazeuse, recevant d'un côté de la chaleur qui s'y propage et la traverse : appelons Q la quantité de chaleur qui, pendant l'unité de temps, entre et sort par unité de surface ; t la température de la surface en contact avec la source de chaleur ; t' la température d'une surface

parallèle à la première et située à une distance e, qui est donc l'épaisseur comprise entre les deux surfaces, on aura :

$$Q = k \times \frac{t - t'}{e}$$

en désignant par k un coefficient constant qui dépend de la nature du corps dans lequel se propage la chaleur.

En d'autres termes, la quantité de chaleur qui passe par unité de surface est proportionnelle à la différence des températures sur les deux faces considérées, et inversement proportionnelle à l'épaisseur de la couche interposée.

Si la différence est d'un degré, si l'épaisseur est égale à l'unité, on voit que la quantité de chaleur Q est égale précisément au coefficient k, dans ces conditions. C'est pourquoi on définit le coefficient de conductibilité d'un corps : la quantité de chaleur qui, pendant l'unité de temps et par unité de surface, traverse une couche de ce corps dont l'épaisseur est elle-même égale à l'unité.

D'après Péclet et Despretz, les valeurs de ce coefficient sont les suivantes pour les principales substances employées :

Cuivre.	19,00	Plomb.	3,82
Fonte	12,28	Étain	6,50
Fer	7,95	Marbre.	0,49
Zinc.	6,46	Terre à fourneau . .	0,23

Pour les liquides la valeur de ce coefficient est très faible, si les liquides ne sont pas agités. C'est ainsi que si on échauffe un liquide en repos par la partie supérieure, il n'y a presque aucune transmission de chaleur à l'intérieur de ce liquide. Il en est de même pour les gaz, mais ceux-ci sont toujours très agités par l'échauffement même.

En prenant l'or comme base de comparaison et en représentant par 1000 son pouvoir conducteur, on a pour les substances suivantes :

Or	1000	Étain	303
Platine.	981	Plomb.	180
Argent.	973	Marbre	23
Cuivre.	898	Terre cuite.	12
Fer.	374	Porcelaine	11
Zinc.	363	Eau	9

Chaleur rayonnante. — On observe les trois lois suivantes sur l'intensité du calorique rayonnant :

1° L'intensité du calorique rayonnant est proportionnelle à la température de la source ;

2° Cette même intensité est en raison inverse du carré de la distance ;

3° L'intensité des rayons caloriques est d'autant moindre qu'ils sont émis dans une direction plus oblique par rapport à la surface rayonnante.

Dans le vide la chaleur se propage par le seul rayonnement ; mais dans l'air, le mode de propagation est tout différent ; cet air s'échauffe par la chaleur rayonnée ou au contact d'un corps chaud, et se met en mouvement ; il est remplacé par de nouvelles couches gazeuses qui s'échauffent à leur tour au contact de la chaleur, pendant que les premières, dans leur mouvement, transportent à distance la chaleur qu'elles ont reçue. C'est ce qui se produit dans tous les chauffages par conduites présentant une *surface de chauffe*, c'est-à-dire une surface chauffée sur laquelle l'air vient s'échauffer par contact, puis s'élève et fait place à une autre couche qui viendra de même lécher le corps chaud et suivra la même voie.

Chaleur dégagée par l'éclairage. — « Dans les salles de réunion puissamment éclairées, et qui sont habitées principalement la nuit, comme les théâtres, il faut tenir compte de la chaleur dégagée par l'éclairage.

Ainsi le gaz d'éclairage ayant une puissance égale à 11 000 en nombre rond, 1 kilogramme de gaz dégage en brûlant 11 000 calories (il donne même jusqu'à 13 000). Ceci revient à dire que la quantité de chaleur dégagée par 1 mètre cube de gaz, à la densité de 0,55, est égale à 7 150 unités de chaleur.

Ainsi quatre becs débitant, par exemple, chacun 200 litres de gaz à l'heure, dégageront 5 720 unités de chaleur.

L'huile de pétrole a une puissance calorifique égale à 10 000. Sa densité est de 0,84 ; on en conclut que le litre de pétrole dégage 8 400 unités de chaleur.

L'huile d'éclairage a une puissance calorifique égale à 9 800 en nombre rond, sa densité est de 0,91 ; le litre d'huile dégage 8 900 unités de chaleur.

Une lampe ordinaire brûle de 30 à 40 grammes à l'heure et produit par conséquent, de 300 à 400 unités de chaleur dans le même temps.

La bougie dégage environ 10 000 calories par kilogramme brûlé. Or, la bougie ordinaire, dite de l'*Etoile*, brûle environ

10 grammes à l'heure ; il s'ensuit qu'une bougie dégage 100 calories par heure.

D'après les chiffres que nous venons d'indiquer, on pourra évaluer la chaleur produite par l'éclairage et, en faisant la différence avec la quantité de chaleur perdue par transmission à travers les parois, savoir qu'elle serait la quantité de chaleur qu'il faudrait introduire, pendant l'hiver, dans la pièce pour la maintenir à température constante.

Pendant l'été, au contraire, on verra quel est l'excédent de chaleur et on en déduira la quantité d'air frais à introduire pour maintenir la température au même degré ; la question change de face et devient un problème de ventilation et non plus de chauffage. » (P. Planat.)

CHEMINÉES D'APPARTEMENT

Avec une cheminée d'appartement la pièce est seulement chauffée par la chaleur rayonnée ; cependant, comme nous le verrons bientôt, il est toujours facile d'obtenir un rendement de chaleur beaucoup plus considérable en complétant la cheminée par un appareil permettant d'utiliser, au moins en partie, une certaine partie du calorique perdu, et l'on sait que cette perte est pour le chauffage au bois, par exemple, de 94 p. 100 ; c'est-à-dire que la chaleur utilisée n'est que de 6 p. 100 et que pour 4 000 calories obtenues, il n'y en aura que 240 de rayonnées, et encore faut-il admettre que la cheminée est parfaitement installée et ne s'oppose pas, comme il arrive si souvent, au rayonnement.

La chaleur fournie par le foyer se perd au contact des surfaces de refroidissement ou plutôt passe au travers.

D'une manière générale, nous n'avons à nous occuper que des parties en maçonnerie et des parties vitrées dont les surfaces sont d'autant plus grandes que le cube d'air de la pièce est plus considérable. Donc connaissant la perte de chaleur propre à chaque matière, on devra construire le foyer d'autant plus grand que la pièce sera plus spacieuse, c'est-à-dire le mettre à même de brûler la quantité de combustible nécessaire pour obtenir la chaleur voulue.

Cheminée proprement dite. — Le même mot de *cheminée* s'applique en français à la construction, à la conduite de fumée et à la marbrerie. Nous avons traité à part cette dernière, les conduites de fumée sont passées en revue ci-après et à notre

chapitre *Maçonnerie*, ce n'est donc que de la construction en maçonnerie de la cheminée que nous nous occupons en ce moment.

La cheminée se compose d'un foyer et d'un trou d'échappement. Représentée en plan (fig. 1400), on voit que le foyer est logé dans un vide laissé dans la maçonnerie ; c'est la disposition adoptée quand le tuyau de fumée passe dans l'épaisseur du

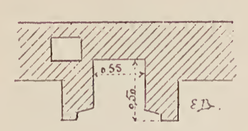


Fig. 1400.
Cheminée dans le mur.

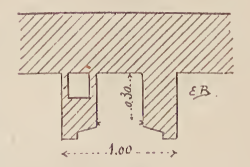


Fig. 1401.
Cheminée adossée.

mur. Quand au contraire on ne peut faire passer la conduite dans le mur, soit parce que le mur est déjà construit, — mur mitoyen par exemple — soit parce qu'on y est pas autorisé, on a recours alors à la disposition dite *adossée* que nous représentons (fig. 1401).

La partie inférieure du foyer — partie horizontale — est

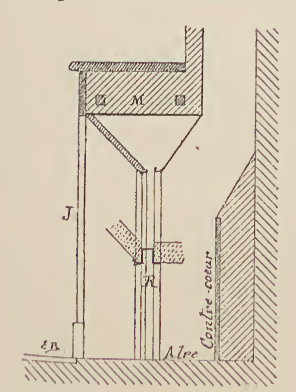


Fig. 1402.
Coupe de cheminée.

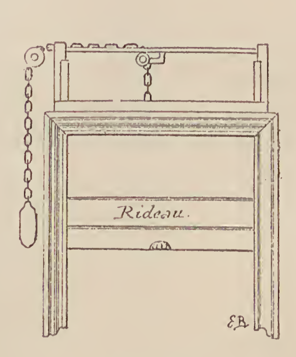


Fig. 1403.
Rideau à contrepoids.

appelée *âtre;* c'est une aire en brique, carreaux de terre cuite, ou plaque de fonte reposant sur un lit de maçonnerie. Quand le plancher est en bois on laisse au droit de l'âtre un espace vide qui est garni de barres de fer formant une paillasse que l'on hourde en maçonnerie ; cet espace réservé dans le solivage

prend le nom de *trémie*. Le fond du foyer se fait en brique ou en pierre, il est parfois aussi garni d'une plaque de fonte, il est appelé *contre-cœur*[1]. De chaque côté de l'âtre, sont placés les *jambages* JJ qui supportent le *manteau* qu'on voit en M de la figure 1402. Cet ensemble est généralement recouvert d'une enveloppe en marbre et quelquefois en bois.

L'ouverture du foyer, en R, est fermée par un rideau mobile qui est composé de lames de tôle — comme les fermetures de magasins — et qui sont arrêtées en une place quelconque, suivant le besoin du tirage, par une crémaillère ou un contre-poids (fig. 1403).

C'est là la cheminée rudimentaire, c'est-à-dire qu'elle se compose du minimum d'éléments ; nous allons maintenant voir quelques-uns des perfectionnements qui font les cheminées un peu moins mauvaises.

DIMENSIONS A DONNER AUX CHEMINÉES D'APPARTEMENT
(*Nouvelles Annales de la construction.*)

DIMENSIONS DIVERSES	PIÈCES		
	PETITES	MOYENNES	GRANDES
	mètres	mètres	mètres
Largeur dans œuvre	0,81 à 0,97	1,14 à 1,30	1,62 à 1,95
Hauteur de la tablette. . . .	0,89 à 0,97	0,97 à 1,03	1,14 à 1,30
Largeur de la tablette	0,27 à 0,32	0,35 à 0,38	0,40 à 0,43

La profondeur varie de $0^{m},45$ à $0^{m},80$. La largeur des jambages et des manteaux est de 1/10 de celle de la cheminée.

Ventouses. — Les ventouses sont des conduites qui prennent l'air à l'extérieur, au travers d'une petite grille, passent horizontalement dans l'épaisseur du plancher, et l'amènent au foyer où il doit servir à la combustion. Quand il s'agit seulement de fournir l'air au foyer, on peut ne pas ménager des ventouses, les menuiseries laissent suffisamment passer d'air, mais elles sont indispensables quand la cheminée est munie d'un appareil destiné à augmenter le rendement de chaleur utile. Alors elles prennent l'air pur à l'extérieur et l'amènent derrière le *contre-cœur* où il est chauffé par contact avant d'être évacué dans la pièce par des bouches de chaleur.

[1] Nous conseillons d'employer de préférence la tôle qui ne se fend pas comme la fonte.

Elles sont généralement construites en tuiles plates et plâtre, mais se font cependant aussi en tôle. On leur donne généralement les dimensions suivantes : 2 à 3 décimètres carrés pour les salons.

Nous allons maintenant examiner quelques dispositions d'appareils appliqués aux cheminées.

Leras, dit M. Planat, construisait son foyer en tôle ou en fonte (fig. 1404), et ménageait à l'entour un passage pour l'air

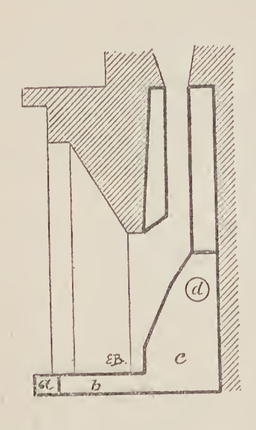


Fig. 1404. — Foyer Leras.

Fig. 1405. — Foyer Cordier.

froid venant de la prise d'air *a*. Cet air s'échauffait en passant sous le foyer en *b*, puis en arrière du foyer en *c*, et débouchait dans la pièce par des bouches de chaleur *d* placées latéralement à la cheminée.

On améliorait ainsi l'utilisation de la chaleur, car on récupérait une partie de la chaleur qui s'échappe, presque entièrement perdue, par le tuyau de fumée. Cet avantage était compensé par un nettoyage difficile qui exigeait un démontage préalable.

Fondet, renonçant à l'emploi des tuyaux en tôle qu'avait introduits *Leras*, et qui se détérioraient trop rapidement, fit en fonte tout l'appareil destiné à réchauffer l'air. Deux tubes horizontaux réunis par des prismes creux et placés en quinconces, sont logés au fond du foyer; tout le système a une inclinaison d'environ 20°, d'arrière vers l'avant, le tuyau horizontal du bas communique avec la prise d'air, le tuyau du haut avec les bouches de chaleur placées latéralement à la cheminée.

Il faut remarquer que le bois seul convient bien aux chemi-

nées munies de ces appareils, le coke et la houille brûlant au contact des tubes les détériorent très rapidement.

C'est cette idée de réchauffer l'air appelé directement du dehors par une prise d'air, au moyen de la flamme et de la fumée, avant de l'introduire dans la pièce, qui a donné lieu aux plus récents et aux plus complets perfectionnements. On a donné une importance de plus en plus grande à l'appareil de réchauffement ; on a cherché à convertir la cheminée en une sorte de poêle ou de calorifère. Toutefois, la cheminée diffère toujours de ces deux derniers appareils en ce que le foyer reste découvert, et que, par conséquent, il s'introduit toujours, dans l'intérieur du foyer, une quantité d'air bien plus grande qu'il ne faudrait pour la combustion. De là, pour la cheminée, si perfectionnée qu'elle soit, un désavantage économique, mais que compensent largement les avantages d'agrément et de salubrité.

Du reste, les améliorations dont nous parlons tendent à diminuer notablement cette infériorité. Déjà la cheminée Fondet a marqué un progrès sensible que nous pouvons évaluer. Dans ses expériences de juin 1862, M. le général Morin, comparant une cheminée ordinaire au bois avec une cheminée munie de l'appareil Fondet, conclut ainsi : « Donc, si au point de vue de la ventilation seule, la présence de l'appareil Fondet diminue le volume d'air appelé et extrait par la cheminée à celui du chauffage, il n'a que le faible avantage d'utiliser en sus du rayonnement, environ $\frac{1}{57}$ de la chaleur développée par le combustible... Dans les expériences, la bouche de l'appareil Fondet a fait entrer dans la pièce 19 mètres cubes d'air chaud par heure, soit $\frac{1}{44}$ du cube total extrait par l'appel de la cheminée, pour $8^{kgr},88$ de bois brûlé dans le même temps, ce qui correspond à 435 calories fournies par l'appareil sur 24 882 calories produites en totalité par la combustion. »

Cheminée Cordier. — C'est un perfectionnement de l'appareil Fondet avec plusieurs rangées de tubes disposés en quinconce pour laisser passer la fumée. Ce système est articulé, (fig. 1405) de manière à faciliter le ramonage ; l'appareil, dont la position normale est inclinée, peut prendre celle verticale comme nous l'indiquons en ponctué.

Cheminée Fortel. — Cet appareil peut être appliqué à une cheminée quelconque non préparée pour le recevoir sans rien

déposer. C'est un coffre dans lequel s'échauffe l'air avant de sortir par les bouches de chaleur. L'air froid dont l'appel est provoqué par la combustion pénètre par une gaine. Cet air passe sous l'âtre, se chauffe déjà et rentre par un orifice dans la chambre de chaleur où il achève de s'échauffer avant de sortir dans la pièce par les bouches de chaleur.

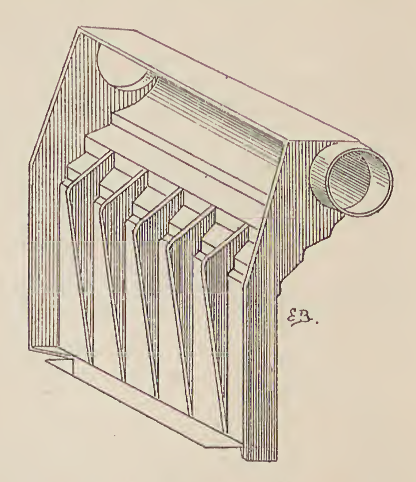


Fig. 1406. — Appareil Manceau.

Appareil Manceau. — D'une pièce et très simple, ce foyer est garni d'ailettes pour obtenir une plus grande surface de chauffe; nous en donnons la perspective (fig. 1406).

Cheminée C. Joly. — Ici, nous laisserons la parole à M. Joly lui-même : «..... Appliquons nos principes à l'examen d'un appareil moderne que j'ai perfectionné dans le but de satisfaire à tous les besoins et de résoudre le problème suivant indiqué par Franklin en 1744, puis renouvelé par la Société d'encouragement à Paris : « Combiner les avantages que présentent les feux apparents avec ceux des poêles de différents genres, et obtenir, à l'aide de l'appareil de chauffage proposé, l'évacuation de l'air vicié, l'introduction d'un volume équivalent d'air nouveau, à une température modérée, n'excédant pas 40 à 50°, en même temps qu'un emploi économique du combustible. »

Les figures 1407, 1408, 1409 indiquent les progrès que j'ai réalisés, en combinant le feu apparent, le renouvellement de l'air, la facilité de nettoyage, l'utilisation en tout sens du calo-

rique rayonnant du foyer, c'est-à-dire, l'emploi des surfaces inférieure, latérales, postérieure et supérieure, en sorte de donner à l'issue de la fumée une ouverture proportionnée au foyer pour utiliser à sa sortie la plus grande partie de l'air brûlé et augmenter à volonté la surface de chauffe.

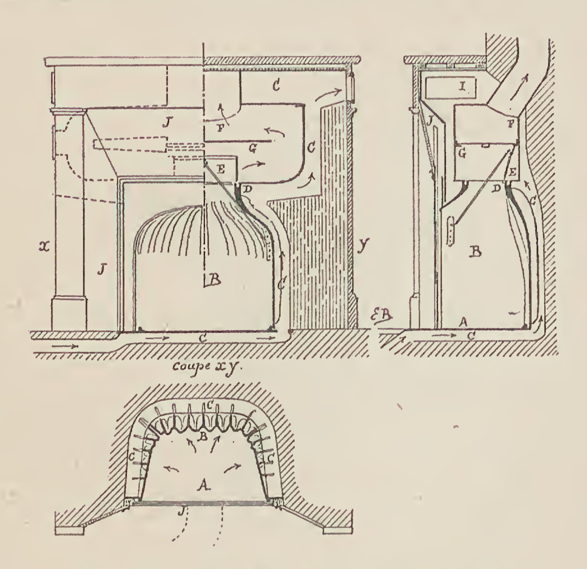


Fig. 1407, 1408, 1409. — Cheminée Ch. Joly.

La grande différence qui distingue l'appareil en question de ceux qui l'ont précédé, c'est que celui-ci fait passer la fumée à l'intérieur des tuyaux, tandis que dans les autres dispositions, la flamme et la fumée vont entourer et lécher les surfaces de chauffe. Le ramonage est bien plus facile, l'air circule plus librement; il peut y avoir ainsi un accroissement indéfini des nervures et des surfaces de transmission de chaleur dans les parties parcourues par l'air pur et non sujettes à engorgement.

Expliquons en quelques mots la construction de l'appareil.

En premier lieu, blâmons énergiquement les architectes — (c'est toujours M. Joly qui parle) — et c'est encore le grand nombre, qui dressent leurs plans sans s'occuper ni du chauffage, ni de la ventilation, ni de la distribution des eaux.

Quand les plans sont faits, quand les solives en fer des planchers sont posées de manière à rendre imparfaites ou insuffisantes les prises d'air, on appelle le fumiste et le plombier qui s'arrangent comme ils peuvent et font la plupart du temps une

mauvaise besogne, perçant de gros murs, surélevant les cheminées avec d'horribles tuyaux de toutes formes et déshonorant l'aspect de nos monuments eux-mêmes, comme on peut le voir en regardant Paris du haut des tours Notre-Dame. Des manchons de fonte, placés aux angles des murs pendant la construction, causent bien peu de dépenses et rendent tout facile pour la pose et les réparations des conduites d'eau et de gaz.

Revenons à nos prises d'air. Là commence le mal ; elles sont toujours trop étroites : elles ont généralement $0^m,20 \times 0^m,10$. Quand on a défalqué de ces 2 décimètres le cadre de la grille et les ornements en fonte qui la croisent, il reste à peine la moitié comme ouverture réelle pour suffire à l'aspiration active d'une cheminée de $0^m,30$ de diamètre. D'où viendra la différence pour alimenter le foyer? Évidemment des fissures des portes et des fenêtres, c'est-à-dire de la partie la plus désagréable de la pièce. En deuxième lieu, le passage de ces prises d'air est souvent engorgé ou resserré dans les coudes ; quand il en est ainsi, il y a avantage à placer entre les lambourdes une conduite en tôle pour élargir l'arrivée de l'air et diminuer les frottements.

Supposons cet air provenant d'un lieu convenable et débouchant en suffisante quantité au bas du foyer par une ventouse dirigée en avant sous la plaque d'âtre A dans la chambre de chaleur C. B est une coquille en fonte formant réflecteur et disposée avec rétrécissement, de manière à assurer un bon tirage aux plus mauvaises cheminées. La surface intérieure est lisse, pour éviter tout engorgement, tandis qu'à l'extérieur, elle est ondulée et munie de lames ou nervures nombreuses recourbées en forme de dôme pour multiplier les surfaces de transmission, là où la chaleur est la plus intense, c'est-à-dire au haut du foyer.

J'ai donné à la coquille une forme qui lui permet de recevoir des chenets ou une grille pour qu'on puisse y brûler à volonté du bois, du charbon de terre ou du coke. Il est indispensable, surtout dans les maisons à loyer, que les appareils conviennent à tous les combustibles, sans dégradation de foyer et sans changement aucun pour le propriétaire ou le locataire. Un cadre en fonte D vient s'emboîter sur la coquille B et supporte une trappe E à fermeture conique. Dans la feuillure supérieure, viennent se poser les tuyaux de tôle J ou le tambour F destiné, comme dans les étuves de poêles de faïence, à utiliser la chaleur perdue de la fumée. Les tambours (fig. 1407, 1408, 1409) sont fermés par une buse de sortie et par deux plaques mobiles qui forment couvercle et qui permettent de diriger la fumée à volonté, sui-

vant la position des tuyaux dans les murs. I est la bouche de chaleur placée, non pas à $0^m,60$ du sol, comme à l'ordinaire, mais sous la tablette, au-dessus d'une plaque de tôle qui ferme par devant la chambre de chaleur C. J'ai laissé à dessein dans cette chambre un libre passage à l'air, le but de tout chauffage rationnel étant de procurer un grand renouvellement d'air à une température moyenne, plutôt qu'une petite quantité d'air très chaud, mais desséché et carbonisé. Un rideau ordinaire, fixé à l'intérieur, facilite l'allumage et cache le foyer pendant l'été ; enfin, le simple déplacement de la chicane G, glissant sur coulisse, permet un ramonage direct sans démonter en rien l'appareil. Quand il y aura impossibilité d'avoir une prise d'air extérieur, on fera arriver l'air de la pièce sous l'âtre par une grille placée latéralement dans la plinthe ; il y aura ainsi chauffage et ventilation, mais le renouvellement de l'air aura lieu par les fissures des portes et des fenêtres, ce qu'il faut toujours éviter. En cas que, pour un motif quelconque, on ne veuille ou l'on ne puisse pas poser le tambour supérieur, on devra toujours employer le foyer seul qu'on réunira au tuyau de fumée par un manchon, en isolant avec soin la chambre de chaleur.

Sans doute, les premiers frais d'installation d'un tel appareil sont un peu plus élevés, mais, après quelques semaines, on aura retrouvé ses débours, on aura eu un chauffage rationnel et économique, et l'on aura évité pour l'avenir une dépense de combustible qui se renouvelle tous les jours.

L'idée des tuyaux ou d'un tambour au-dessus d'un foyer n'est pas nouvelle ; mais jusqu'à présent, dans la plupart des appareils, on faisait passer la fumée à l'entour et non à l'intérieur, ce qui rendait le ramonage bien moins complet, moins facile, et ne permettait pas d'augmenter à volonté la surface de transmission, comme on l'obtient avec des nervures dans la chambre de chaleur sans embarrasser le passage de la fumée. Une des économies les plus saillantes de cet appareil est l'utilisation de la partie supérieure de la flamme. La chaleur de cette flamme est 10 à 12 fois plus forte que la chaleur rayonnante latérale, ce dont on peut se convaincre, en approchant un papier à côté ou au-dessus d'une bougie, et en observant la distance à laquelle le papier s'enflammera dans les deux cas.

Le ramonage des tuyaux qui est dans tous les appareils une complication des plus graves, au point de faire renoncer quelquefois à d'excellents moyens, le ramonage, dis-je, se fera très facilement, les chicanes mobiles G laissant l'orifice du tuyau vertical complètement libre. Quant à la trappe E, destinée soit à régler le tirage, soit à fermer complètement l'accès de l'air

extérieur, pour empêcher les courants descendants, soit enfin pour boucher complètement les tuyaux en cas de feu à la cheminée, elle est placée à l'orifice même et par conséquent très facile d'accès. Si la prise d'air est en harmonie avec l'orifice de départ de la fumée, il se produira dans la pièce le mouvement indiqué par la figure 1410 et qu'il est facile de contrôler par des observations thermométriques ou avec de petits ballons remplis de gaz hydrogène, tels que ceux qu'on emploie pour amuser les enfants. En donnant à ces ballons un poids égal à celui de l'air stagnant et en les tenant par un fil, on suivra mécaniquement la direction des courants dans la pièce.

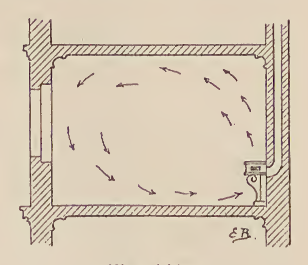


Fig. 1410.
Mouvement d'air.

Je sais parfaitement que le progrès à effectuer dans nos cheminées d'appartement a été et sera toujours excessivement lent à se propager. D'abord, on tient à ce qu'on ne comprend pas, et les connaissances physiques, même les plus élémentaires, sont moins répandues que les connaissances littéraires. D'un autre côté, les constructeurs pour ne pas se tromper et pour plaire aux masses, font ce qui a été fait avant eux.

Les architectes et les propriétaires visent avant tout à l'économie et à l'aspect de la cheminée, puisque la dépense de combustible ne les regarde pas. Enfin, les locataires hésitent avant de modifier des foyers pendant le temps de leur location pour les laisser après eux à des successeurs inconnus ; enfin, par-dessus tout cela plane la sainte routine si respectée de tous! Mais, l'installation que je propose n'est pas destinée aux personnes à courte vue qui, pour éviter une dépense de 30 à 40 francs, brûlent dans leur hiver, et en se chauffant mal, une somme considérable de combustible qu'elles envoient sur le toit sous forme de fumée. Un mauvais foyer est comme une voiture à l'heure, sa dépense court toujours, tandis qu'avec un appareil bien fait, on sait où l'on va, on a un chauffage salubre et finalement, économique. »

POÊLES

On désigne sous le nom de poêles les appareils amovibles ou fixes placés à l'intérieur des pièces et dans lesquels on brûle un combustible quelconque.

Les poêles se font en tôle, en fonte ou en terre cuite et leurs formes varient à l'infini. De tous les appareils employés pour chauffer les pièces, ce sont eux qui donnent le plus grand rendement de chaleur à quantité égale de combustible brûlé; par contre, la ventilation est pour ainsi dire nulle, et l'air est desséché à l'excès.

Nous ne pouvons examiner ici tous les différents appareils; nous prendrons seulement deux exemples : un poêle en métal isolé et un poêle en faïence pour salle à manger.

Poêle en métal. — Une des meilleures, ou plutôt des moins mauvaises dispositions, est celle à double enveloppe dans laquelle l'air échauffé par la circulation de la fumée sort par des ouvertures grillagées jouant le rôle de bouches de chaleur.

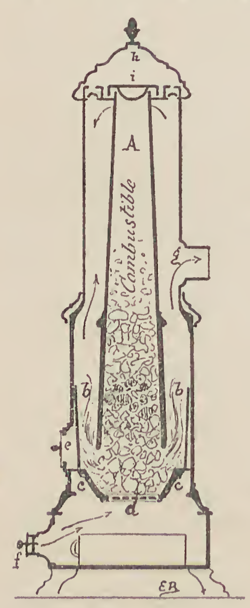


Fig. 1411.
Poêle à double enveloppe.

Certains de ces appareils ont été disposés soit pour diminuer la consommation de combustible, soit pour assurer une marche régulière et dont on n'ait pas à s'occuper; ces poêles sont dits à *combustion lente;* ils sont ordinairement composés d'un cylindre fermé par le haut et dans lequel on place le combustible; les gaz redescendent toujours sur ce foyer, le traversent et brûlent en s'échappant par son périmètre; on obtient ainsi une combustion complète. Ce système s'applique à l'utilisation du coke comme combustible, parce qu'il permet de le brûler en masse (fig. 1411).

Cet appareil comprend à l'intérieur un réservoir de combustible A, de forme conique et ouvert par le bas; le partie inférieure *b* est garnie d'un épais revêtement en fonte qui reçoit le coup de feu. Le combustible est retenu par un bassin en fonte *c* et par la grille mobile *d* qui laisse pénétrer l'air nécessaire à la combustion. En *e* est la porte du foyer, qui est rendue transparente par une plaque de mica qui permet de se rendre compte de l'intensité du feu; en *f* celle du cendrier qui permet de régler l'arrivée d'air.

La fumée après avoir monté jusqu'à la partie supérieure du poêle redescend pour s'échapper par l'orifice d'évacuation *g*.

Le chargement se fait par le haut en ôtant le couvercle *h* et l'obturateur *i*. Pour l'allumage, on commence par placer sur la grille des copeaux et un peu de charbon de bois, on ajoute par-dessus une petite quantité de coke et on allume. Ces premiers combustibles étant allumés on complète le chargement.

Poêle en faïence. — En faïence, les poêles se font de toutes formes et de toutes dimensions ; les cloisonnements établis à l'intérieur ont pour but de forcer la fumée à circuler le plus possible dans l'appareil avant d'arriver au tuyau de fumée, de manière à augmenter la surface de chauffe, et, par conséquent à céder aux parois la plus grande partie de la chaleur qu'elle contient.

Les poêles-cheminées, ordinairement employés dans les salles à manger de maisons de rapport sont des poêles de construction facilement ramonables, mais donnant peu de chaleur parce qu'ils n'utilisent pas du tout celle entraînée par les produits de la combustion.

Ils ont en général une très faible saillie, $0^m,11$, de manière à ne pas diminuer encore les dimensions de nos salles à manger déjà si petites, mais cette faible dimension ne peut être obtenue qu'en plaçant les conduites de fumée dans l'épaisseur du mur, ou, dans le cas contraire, il faut compter la saillie à partir du coffre.

A titre d'exemple nous donnons un poêle « Sébastien » de construction mixte en métal et céramique (fig. 1412).

Ces poêles se construisent comme les autres. Quand la pose du foyer est faite, l'ouvrier prépare la cuvette de prise d'air avec des petits murs en briques de $0^m,06$ d'épaisseur, de façon que la plaque de fond de l'appareil, dans laquelle sont ménagés les ajours, soit libre et que les prises d'air puissent fonctionner librement.

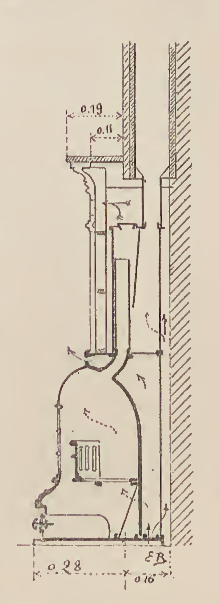


Fig. 1412. — Poêle de salle à manger.

CALORIFÈRES A AIR CHAUD

En général, un calorifère est un générateur d'air chaud. Cet air emmagasiné dans une chambre de chaleur est ensuite distribué dans les locaux à chauffer par des conduites. Il provient de l'extérieur ; sa prise est généralement au nord.

Prise d'air. — Les calorifères étant presque toujours établis en cave, la prise d'air frais, qui doit arriver directement sous le foyer, se trouve donc en galerie ou plutôt en tranchée avec côtés et fond maçonnés en brique et un petit plancher hourdé en mortier pour former ciel. Sa section totale doit représenter au moins les trois quarts de la somme des sections des canaux conducteurs de l'air chaud. On place généralement la prise d'air au nord ; en tout cas, il faut toujours la mettre dans l'endroit le plus favorable pour trouver l'air le plus pur.

Conduites d'air chaud ou canaux. — Les canaux conducteurs d'air chaud doivent avoir au moins $0^{m^2},04$ de section pour desservir les petits espaces, pour ceux ordinaires $0^{m^2},05$, et enfin pour les grands espaces de 0,05 à $0^{m^2},08$. On doit dans la section des conduites tenir compte de l'éloignement : ainsi, passé 25 mètres de la chambre de chaleur à l'arrivée dans la pièce, on peut obtenir approximativement la section du canal en décimètres carrés en divisant cette distance par 5. Par exemple : la chaleur devant être conduite à 35 mètres, on aura $\frac{35}{5} = 7$, soit $0^{m^2},07$.

Il ne faut jamais laisser poser les conduites de chaleur horizontales parce que l'air resterait stagnant et sortirait en trop petite quantité par les bouches de chaleur ; il faut, profitant de la propriété qu'a l'air chaud de s'élever, donner aux canaux une pente minima de $0^{m},02$ par mètre.

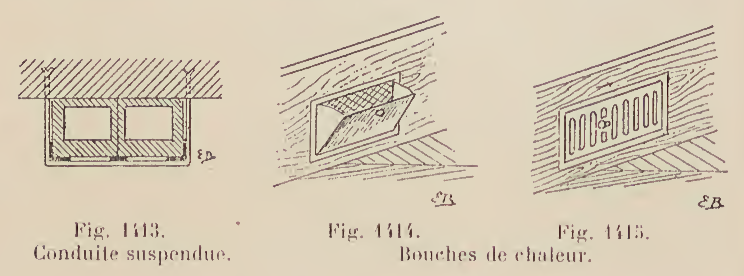


Fig. 1413. Conduite suspendue. — Fig. 1414. Fig. 1415. Bouches de chaleur.

Les conduites se font en terre cuite ou en fer et sont suspendues aux plafonds de caves par de grands étriers en fer plat scellés dans le hourdis. Pour éviter une déperdition immédiate de chaleur dans la cave, où ce serait plutôt nuisible qu'utile, on enveloppe les tuyaux dans une épaisse chemise en plâtre (fig. 1413).

Bouches de chaleur. — Ce sont les orifices ménagés dans

les plinthes ou les parquets à l'extrémité des canaux à leur arrivée dans la pièce à chauffer. Les bouches de chaleur s'ouvrent sur les parties inférieures des cloisons, sur les plinthes ou les stylobates ; elles sont alors à soufflet (fig. 1414) ou à persiennes (fig. 1415). En parquet, c'est-à-dire placées horizontalement, les bouches peuvent être rondes et composées de deux disques percés de trous, moitié pleins, moitié vides. Par une très faible course obtenue par un mouvement de rotation la partie pleine du disque inférieur vient se placer devant le vide de l'autre et l'ouverture est aveuglée ou bien les vides en face les vides permettent l'introduction de l'air chaud. La bouche carrée ou rectangulaire est basée sur le même principe de pleins et de vides, dont une des deux plaques est montée à coulisse. Toutes ces bouches se font en fonte et en cuivre.

Surface de grille. — Pour déterminer la surface de la grille on admet pour les calorifères qu'on doit brûler environ 60 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure.

M étant la quantité de chaleur à fournir.

5 000 étant le nombre de calories que donne un kilogramme de houille, on aura : $\frac{M}{5\,000 \times 60}$. Pour le coke on peut prendre la même surface. Pour le bois, la tourbe, etc., la surface doit être augmentée de moitié.

Surface de chauffe. — « Dans la cloche du calorifère, dit M. Planat, la fumée est beaucoup plus chaude que dans les tuyaux ; l'air qui est en contact avec cette cloche est plus froid que l'air qui est en contact avec les tuyaux ; il s'ensuit que la transmission de chaleur est beaucoup plus grande aux environs de la cloche qu'à l'extrémité des tuyaux ; cependant l'expérience a montré que l'on peut admettre, en moyenne et sur l'ensemble, que, dans les calorifères en fonte, il passe 3 000 calories par heure et par mètre carré de surface de chauffe, de la fumée à l'air. Puisqu'il faut fournir M calories à l'air, la surface de chauffe (cloche et tuyaux) doit être égale à $\frac{M}{3000}$.

« Lorsqu'on fait emploi de surfaces métalliques armées de nervures, on doit compter celles-ci comme transmettant une fois et demie autant de chaleur que la surface lisse sur laquelle sont implantées les nervures. Une surface armée de nervures et représentée par 2 joue donc le même rôle qu'une surface lisse représentée par 3.

« Dans les calorifères céramiques, en terre réfractaire, l'échange

de chaleur n'est que de 700 calories, la surface de chauffe (cloche et carneaux), doit donc être égale à $\frac{M}{700}$. »

Les dimensions obtenues par les formules ci-dessus sont des minima qu'il faut toujours largement dépasser pour répondre à toutes les éventualités.

Conduite de fumée. — On détermine les dimensions d'une cheminée au moyen de la formule $p = 70 \times S \times \sqrt{H}$, dans laquelle :

p est le poids de la houille à brûler par heure égal à $\frac{M}{5000}$;
s la section de la cheminée ;
H la hauteur de ladite cheminée (fixée par le bâtiment).

A la dimension obtenue il faut ajouter sur chaque côté environ $0^m,03$ pour tenir compte du rétrécissement occasionné par la suie. Dans le cas de chauffage au bois il faut faire la section égale à une fois et demie celle qu'on obtient pour la houille par la formule ci-dessus. Même observation pour la tourbe.

Voici, débarrassée des considérants et des articles ne pouvant nous intéresser, l'ordonnance de police du 15 septembre 1875 et l'arrêté du 15 janvier 1881 qui régissent les conduites de fumée établies à Paris jusqu'au 1er septembre 1897.

TITRE PREMIER

DISPOSITION COMMUNE AUX FOYERS DE CHAUFFAGE ET AUX CONDUITS DE FUMÉE

ARTICLE PREMIER. — Toutes les cheminées et tous les autres foyers ou appareils de chauffage fixes ou mobiles, ainsi que leurs conduits ou tuyaux de fumée, doivent être établis de manière à éviter les dangers de feu et à pouvoir être visités, nettoyés facilement et entretenus en bon état.

TITRE II

ÉTABLISSEMENT DES CHEMINÉES OU AUTRES FOYERS FIXES ET DES POÊLES OU AUTRES FOYERS MOBILES

ART. 2. — Il est interdit d'adosser les foyers de cheminées, les poêles, les fourneaux et autres appareils de chauffage à des pans de bois ou à des cloisons contenant du bois.

On doit toujours laisser entre le parement extérieur du mur entourant ces foyers et lesdits pans de bois ou cloisons, un isolement ou une charge de plâtre d'eau moins 16 centimètres.

Les foyers industriels et ceux d'une importance majeure doivent

avoir des isolements ou charges de plâtre proportionnés à la chaleur produite et suffisants pour éviter tout danger de feu (voir art. 1er).

Art. 3. — Les foyers de cheminées et de tous appareils fixes de chauffage, sur plancher en charpente de bois, doivent avoir au-dessous, des trémies en matériaux incombustibles.

La longueur des trémies sera au moins égale à la largeur des cheminées, y compris la moitié de l'épaisseur des jambages; leur largeur sera d'un mètre au moins, à partir du fond du foyer jusqu'au chevêtre.

Cette prescription s'applique également aux autres appareils de chauffage.

Art. 4. — Les fourneaux potagers doivent être disposés de telle sorte que les cendres qui en proviennent soient retenues par des cendriers fixes construits en matériaux incombustibles et ne puissent tomber sur les planchers.

Ces fourneaux doivent être surmontés d'une hotte, si le conduit de fumée n'aboutit pas au foyer.

Art. 5. — Les poêles mobiles et autres appareils de chauffage également mobiles doivent être posés sur une plate-forme et matériaux incombustibles dépassant d'au moins 20 centimètres la face de l'ouverture du foyer. Ils devront, de plus, être élevés sur pieds de telle sorte que, au-dessus de la plate-forme, il y avait un vide de 8 centimètres au moins.

TITRE III

ÉTABLISSEMENT, ENTRETIEN ET RAMONAGE DES CONDUITS DE FUMÉE FIXES OU MOBILES

§ 1er. — *Établissement des conduits de fumée.*

Art. 6. — Les conduits de fumée faisant partie de la construction et traversant les habitations doivent être construits conformément aux lois, ordonnances et arrêtés en vigueur.

Toute face intérieure de ces tuyaux doit être à 0m,16 au moins des bois de charpente.

Quant aux conduits de fumée mobiles, en métal ou autres existant dans le local où est le foyer et aux conduits de fumée montant extérieurement, ils doivent être établis de façon à éviter tout danger de feu, ainsi qu'il est dit en l'article 1er. Ils doivent être, dans tout leur parcours, à 16 centimètres au moins de tout bois de charpente, de menuiserie et autres.

Les conduits de chaleur des calorifères et autres foyers sont soumis aux mêmes conditions d'isolement que les conduits de fumée.

Art. 7. — Tout conduit de fumée traversant les étages supérieurs ou les habitations, doit avoir une section horizontale ou capacité suffisante pour l'importance du foyer qu'il dessert.

Tout conduit de fumée de foyer industriel doit, autant que possible, être à l'extérieur ; mais dans le cas contraire et si le tuyau traverse les habitations, il doit avoir des dimensions telles ou être construit

de telle sorte que la chaleur produite ne puisse le détériorer ou être la cause d'une incommodité grave et de nature à altérer la santé dans les habitations.

Les conduits de fumée des fourneaux en fonte des restaurateurs, traiteurs, rôtisseurs, charcutiers et ceux des fours des boulangers, pâtissiers, et des autres grands fours, ceux des forges, des moufles, des calorifères chauffant plusieurs pièces, doivent, notamment, être établis dans ces conditions particulières.

Art. 8. — Tout conduit de fumée doit, à moins d'autorisation spéciale, desservir un seul foyer, et monter dans toute la hauteur du bâtiment sans ouverture d'aucune sorte dans tout son parcours.

En conséquence, il est formellement interdit de pratiquer des ouvertures dans un conduit de fumée traversant un étage, pour y faire arriver de la fumée, des vapeurs ou des gaz, ou même de l'air.

Arrête :

Article premier. — L'établissement des foyers et des conduits de fumée dans les murs mitoyens et dans les murs séparatifs de deux maisons contiguës, qu'elles appartiennent ou non au même propriétaire, ne pourra être autorisé que sous les conditions suivantes :

1° Les languettes de contre-cœur au droit des foyers devront être en briques de bonne qualité et avoir au minimum 22 centimètres d'épaisseur sur une hauteur de 80 centimètres et une largeur dépassant celle du foyer d'au moins 16 centimètres de chaque côté (fig. 1416, 1417) ;

2° Les conduits de fumée devront être construits exclusivement en briques à plat, droites ou cintrées ;

3° Ces murs ne pourront recevoir de poutres ni solives que lorsqu'ils seront entièrement pleins dans la partie verticale au-dessous des scellements de ces solives ;

4° Les parties supérieures de ces murs constituant souche de cheminées porteront un couronnement en pierre devant servir de plateforme en faisant saillie d'au moins 15 centimètres sur chaque face, Elles devront, en outre, être munies d'une main-courante en fer.

Art. 2. — Il est permis d'établir des conduits de fumée dans l'intérieur des murs de refend, sous la double condition :

1° Que ces murs auront une épaisseur de 40 centimètres, s'ils sont construits en moellons, ou de 37 centimètres, s'ils sont construits en briques, enduits compris (fig. 1418, 1419) ;

Que les conduits de fumée seront exécutés en briques de bonne qualité, droites ou cintrées, ou en wagons de terre cuite.

Art. 3. — L'adossement des tuyaux de fumée à des pans de fer ne pourra être autorisé qu'après que l'administration aura reconnu que ces pans de fer, dont les dispositions devront lui être soumises, sont établis dans des conditions satisfaisantes de solidité, et en outre, à charge de maintenir un renformis de 5 centimètres en plâtre, non compris l'épaisseur du tuyau, entre les pans de fer et les tuyaux de fumée (fig. 1420).

Art. 4. — Entre la paroi intérieure des tuyaux engagés dans les murs et le tableau des baies pratiquées dans ces murs, il sera toujours réservé un dosseret de maçonnerie pleine ayant au moins 45 centimètres d'épaisseur, enduits compris.

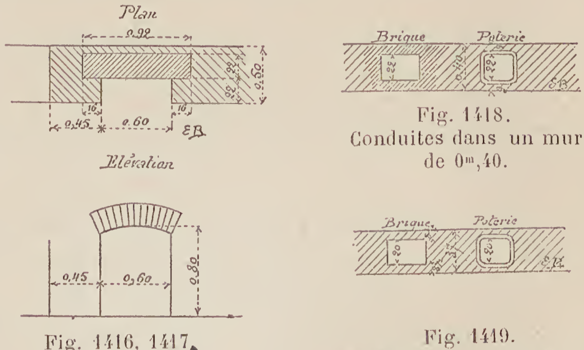


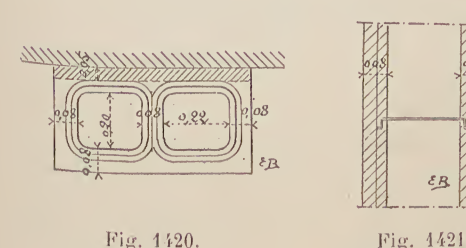
Fig. 1416, 1417.
Contre-cœur.

Fig. 1418.
Conduites dans un mur de $0^{m},40$.

Fig. 1419.
Conduites dans un mur de $0^{m},37$.

Cette épaisseur pourra être réduite à 25 centimètres, à la condition que le dosseret soit construit en pierre de taille ou en briques de bonne qualité (voir fig. 1417).

Art. 5. — Tout conduit de fumée présentant une section intérieure de moins de 60 centimètres de longueur sur 25 centimètres de largeur devra avoir au minimum une section de 4 décimètres carrés ; le petit côté des tuyaux rectangulaires n'aura pas moins de 20 centimètres et le grand côté ne pourra dépasser le petit de plus d'un quart.



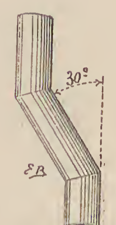


Fig. 1420.
Conduites adossées.

Fig. 1421.
Boisseau enduit.

Fig. 1422.
Angle de déviation.

Art. 6. — Les tuyaux de cheminée non engagés dans les murs ne seront autorisés que s'ils sont adossés à des piles en maçonnerie ou à des murs en moellons ayant au moins 40 centimètres d'épaisseur, enduits compris, ou à des murs en briques ayant au moins 22 centimètres d'épaisseur, ou, dans le dernier étage, à des cloisons en briques de 11 centimètres d'épaisseur.

Ils devront être solidement attachés au mur tuteur par des ceintures en fer dont l'espacement ne dépassera pas 2 mètres.

Les tuyaux qui présenteront une section de 60 centimètres de longueur sur 25 centimètres de largeur pourront être en plâtre pigeonné à la main.

Ceux de dimensions moindres devront, à moins d'une autorisation spéciale, être construits soit en briques, soit en terre cuite et recouverts en plâtre.

Art. 7. — Les boisseaux en terre cuite, employés comme tuyaux adossés, seront à emboîtement et formeront, avec l'enduit en plâtre, une épaisseur totale de 8 centimètres (fig. 1421).

Art. 8. — L'épaisseur des languettes, parois et costières des tuyaux engagés dans les murs ou adossés ne pourra jamais être inférieure à 8 centimètres, enduits compris.

Art. 9. — Les tuyaux de cheminée ne pourront dévier de la verticale, de manière à former avec elle un angle de plus de 30 degrés.

Ils devront avoir une section égale dans toute leur hauteur et seront facilement acccessibles à leur partie supérieure (fig. 1422).

Art. 10. — Ne sont pas assujettis aux prescriptions de construction indiquées dans les articles précédents, notamment en ce qui concerne la nature des matériaux à employer :

1° Les tuyaux de fumée placés à l'extérieur des habitations ;

2° Les tuyaux des foyers mobiles ou à flamme renversée, pourvu que les tuyaux ne sortent pas du local où est le foyer ;

3° Enfin, les tuyaux de fumée d'usine, autant qu'ils ne traversent pas d'habitation.

Art. 11. — L'arrêté préfectoral susvisé du 8 août 1874 est et demeure abrogé.

ORDONNANCE

CONCERNANT LES MESURES PRÉVENTIVES ET LES SECOURS CONTRE L'INCENDIE DANS LA VILLE DE PARIS

1er septembre 1897.

Nous, Préfet de Police,

Vu : 1° Les lois des 16-24 août 1790 et 19-22 juillet 1791 ;

2° L'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800) ;

3° L'ordonnance de police du 25 mars 1828 concernant les magasins, de détaillants de fourrages et l'ordonnance de police du 15 septembre 1875 concernant les incendies ;

4° Les articles 471 et 475 du Code pénal et 674 du Code civil ;

5° Les rapports de l'architecte en chef de la Préfecture de police et du colonel des sapeurs-pompiers de Paris :

6° L'instruction relative au chauffage des habitations, délibérée par le conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine le 29 mars 1889 ;

7° L'avis de M. le ministre de l'Intérieur et celui de M. le préfet de la Seine :

8° Les instructions de M. le ministre des Travaux publics et de

M. le ministre du Commerce et de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes :

Considérant qu'il importe de rappeler à la population les obligations qui lui sont imposées, soit pour prévenir les incendies, soit pour concourir à les éteindre ;

Considérant que la santé publique pour être compromise par l'installation défectueuse, le mauvais état et le défaut d'entretien des conduits de fumée ;

Considérant enfin qu'il convient d'apporter à l'ordonnance de police ci-dessus visée du 15 septembre 1875 des modifications dont l'expérience a fait reconnaître l'utilité.

ORDONNONS ce qui suit :

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS COMMUNES A TOUS LES FOYERS ET A LEURS CONDUITS DE FUMÉE

ARTICLE PREMIER. — Les cheminées ou appareils de chauffage fixes ou mobiles et tous les foyers quelconques, industriels ou autres, ainsi que leurs conduits de fumée, devront être établis de manière à éviter les dangers du feu et à pouvoir être visités, nettoyés facilement et entretenus en bon état.

Les foyers et les conduits de fumée devront être construits de telle sorte que la chaleur produite ne puisse être la cause d'une incommodité grave et de nature à altérer la santé des habitants de l'immeuble ou du voisinage.

TITRE II

ETABLISSEMENT DES FOYERS FIXES OU MOBILES EN USAGE DANS LES HABITATIONS ET DANS L'INDUSTRIE

ART. 2. — Il est interdit d'adosser des foyers quelconques, fixes ou mobiles, cheminées, poêles, fourneaux, ainsi que des fours ou autres foyers industriels, à des pans de bois ou à des cloisons contenant du bois.

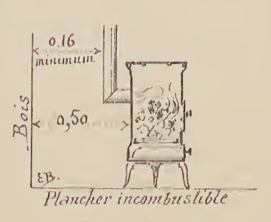


Fig. 1423.

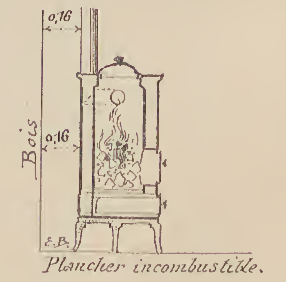


Fig. 1424.

On devra toujours laisser, entre tout ouvrage de charpente ou de menuiserie et les appareils meubles de chauffage ordinaire, un isole-

ment d'au moins $0^m,16$ (*seize*) : l'isolement sera porté à $0^m,50$ (*cinquante*) au moins pour lesdits appareils, s'ils ne sont pas pourvus d'une double enveloppe (fig. 1423, 1424).

Les fours, les fourneaux et les foyers industriels devront avoir des isolements proportionnés à la chaleur produite, et suffisants pour éviter tout danger d'incendie.

Art. 3. — Les fourneaux, les foyers industriels, les foyers de cheminée et de tous les appareils de chauffage non mobiles, sur plancher en charpente de bois, devront être établis sur des trémies en matériaux incombustibles.

Les dimensions de ces trémies devront être proportionnées à l'importance du foyer, du fourneau ou de l'appareil de chauffage. Pour les cheminées d'appartement, la longueur de ces trémies sera au moins égale à la largeur de la cheminée, y compris la moitié de l'épaisseur des jambages, et leur largeur sera d'un mètre au moins à partir du fond du foyer jusqu'au chevêtre.

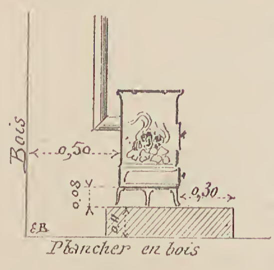


Fig. 1425.

Tout foyer et tout appareil de chauffage non mobile, sur âtre dit relevé, est formellement interdit.

Art. 4. — Les fourneaux dits potagers fixes ou mobiles, devront être disposés de telles sorte que les cendres, qui en proviennent, soient retenues par des cendriers fixes, construits en matériaux incombustibles. Ils devront reposer sur un sol carrelé en matériaux incombustibles et mauvais conducteurs de la chaleur, dépassant d'au moins $0^m,30$ (*trente centimètres*) la face du fourneau potager.

Ces fourneaux devront toujours être surmontés d'une hotte terminée par un conduit de fumée spécial.

Art. 5. — Dans les pièces dont le sol est constitué en matériaux combustibles, les poêles, les fourneaux mobiles, et les autres appareils de chauffage également mobiles, devront être posés sur une plate-forme d'une épaisseur suffisante, en matériaux incombustibles, mauvais conducteurs de la chaleur et dépassant la face des ouvertures verticales du foyer d'au moins $0^m,30$ (*trente centimètres*). Ils devront, de plus, être élevés sur pieds de telle sorte qu'au-dessus de la plate-forme il y ait un vide de $0^m,08$ (*huit centimètres*) au moins (fig. 1425).

TITRE III

ÉTABLISSEMENT DES CONDUITS DE FUMÉE FIXES OU MOBILES

1° *Conditions générales.*

Art. 6. — Tout conduit de fumée montant, situé à l'intérieur d'une habitation, devra ne desservir qu'un seul foyer à moins qu'il ne soit

exclusivement affecté à un groupe de foyers industriels. En tout cas, il s'élèvera dans toute la hauteur du bâtiment, et ne déviera jamais de la verticale de plus de trente degrés (30°) (fig. 1426).

Exception est faite en ce qui concerne les conduits desservant des foyers à flamme renversée visés par les articles 8 et 17 et les raccordements de foyers.

Il est formellement interdit de pratiquer des ouvertures dans un conduit de fumée traversant un étage pour y faire arriver de la fumée, des vapeurs ou des gaz, ou même de l'air.

La section transversale du conduit de fumée devra être proportionnée à l'importance du foyer qu'il dessert et être égale et régulière dans toute la hauteur.

Les épaisseurs des parois des conduits de fumée devront toujours être proportionnées à l'importance du foyer et suffisantes pour que la chaleur produite ne puisse les détériorer ou être la cause soit d'un incendie, soit d'une incommodité grave et de nature à altérer la santé des habitants.

Toute face intérieure des conduits de fumée devra être à une distance suffisante des bois des charpentes et de menuiserie, et de toute autre matière combustible, pour éviter les dangers du feu.

Fig. 1426.

Art. 7. — Tous les conduits de fumée faisant partie de la construction devront être en briques, en briquettes ou en terre cuite de très bonne qualité et ayant subi une cuisson parfaite.

Les éléments qui les composent, devront être liés entre eux et la maçonnerie de façon à s'opposer efficacement au passage de la fumée et des gaz.

Les tuyaux employés pour constituer les conduits adossés aux murs devront se relier entre eux par des joints ou des emboîtements efficaces.

Il sera apporté des soins tout particuliers à la construction dans tous les points où les conduits de fumée changent de direction.

Art. 8. — Les conduits de fumée à flamme renversée ne devront pas traverser des locaux habités autres que ceux où est établi le foyer qu'ils desservent. Ils seront pourvus de trappe de ramonage lutées avec le plus grand soin et permettant un nettoyage facile des diverses parties qui les composent. Ces trappes de ramonage devront être à l'intérieur de la location dans laquelle le foyer est établi.

2° *Établissement des conduits de fumée desservant des foyers ordinaires et traversant des locaux habités, ou adossés à des habitations.*

Art. 9. — Les conduits de fumée desservant des foyers ordinaires, ne pourront avoir moins de $0^{m},18$ sur $0^{m},22$ ou de $0^{m},20$ sur $0^{m},20$ de section intérieure, s'ils sont rectangulaires ; moins de $0^{m},22$ de diamètre s'ils sont de section circulaire ; et moins de $0^{m},20$ sur $0^{m},25$ s'ils sont de section elliptique (fig. 1427, 1428, 1429, 1430).

Les angles intérieurs des conduits de section rectangulaire seront arrondis et le plus grand côté ne pourra avoir une dimension supérieure à une fois et demi le petit côté.

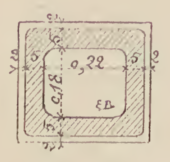


Fig. 1427.

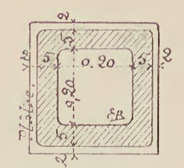


Fig. 1428.

Pour les conduits elliptiques, la même proportion sera observée.

Les conduits de section circulaire ne devront être construits qu'en briques ayant au moins 0m,05 (*cinq centimètres*) d'épaisseur.

Les wagons et les boisseaux en terre cuite devront avoir aussi 0m,05 (*cinq centimètres*) d'épaisseur; les conduits de fumée, en briques ou en terre cuite, devront être recouverts d'un enduit en plâtre d'au moins 0m,02 (*deux centimètres*) d'épaisseur, ou de toute autre matière incombustible et mauvaise conductrice de la chaleur et, en tout cas, d'une épaisseur suffisante pour qu'il n'en résulte aucun danger d'incendie ou aucune incommodité grave pour les habitants.

Art. 10. — Toute face intérieure des conduits de fumée en maçonnerie devra être à 0m,16 (*seize centimètres*) au moins des bois de charpente, et à 0m,07 (*sept centimètres*) au moins des légers bois de menuiserie (fig. 1431).

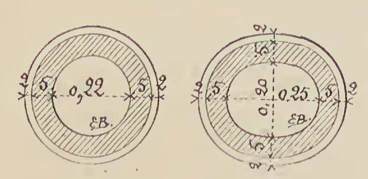


Fig. 1429. Fig. 1430.

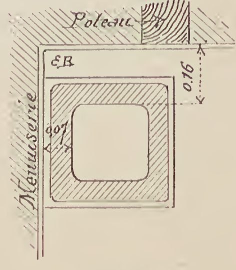


Fig. 1431.

Art. 11. — Les conduits de fumée mobiles, en métal, devront toujours être apparents dans toutes leurs parties et être éloignés d'au moins 0m,16 (*seize centimètres*) de tout bois de charpente ou de menuiserie, et d'autres matières combustibles.

Ils ne devront pas pénétrer dans une location autre que celle où est établi le foyer qu'ils desservent.

3° *Conduits dans les murs mitoyens desservant des foyers ordinaires.*

Art. 12. — Les conduits de fumée pourront être construits, sous réserve des droits et du consentement des tiers, dans les murs

mitoyens et dans les murs séparatifs de deux maisons contiguës, qu'elles appartiennent ou non au même propriétaire. Ils devront

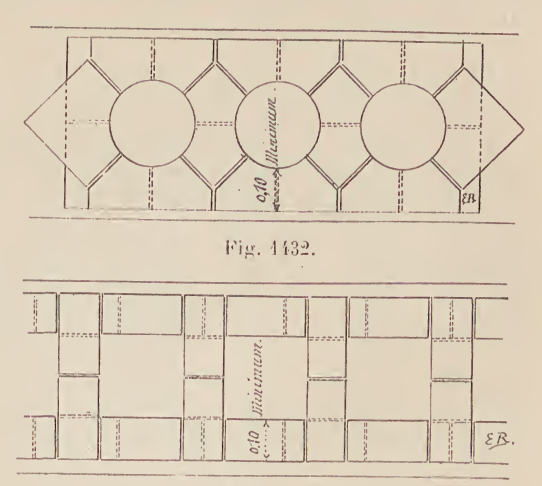


Fig. 1432.

Fig. 1433.

être construits exclusivement en briques droites ou cintrées et avoir au moins 0m,10 (*dix centimètres*) d'épaisseur (fig. 1432, 1433).

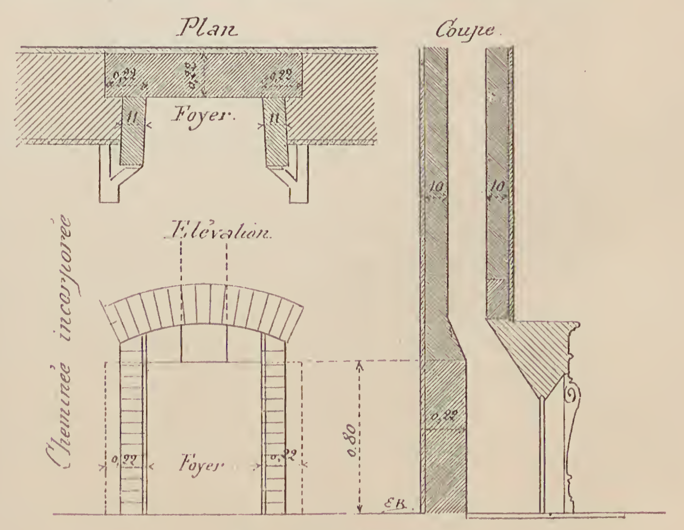


Fig. 1434, 1435, 1436.

Les languettes de contre-cœur, au droit des foyers, devront être en briques et avoir au moins 0m,22 (*vingt-deux centimètres*) d'épaisseur

et 0m,80 (*huit décimètres*) de hauteur. Leur largeur devra dépasser celle du foyer d'au moins 0m,22 (*vingt-deux centimètres*) de chaque côté (fig. 1434, 1435, 1436).

4° *Conduits de fumée dans les murs de refend et conduits de fumée adossés, desservant des foyers ordinaires.*

Art. 13. — Les conduits de fumée dans les murs de refend ne pourront être construits qu'en briques ou en wagons de terre cuite ayant les dimensions, les épaisseurs, le liaisonnement et les isolements prescrits par les articles 6, 7, 9 et 10 de la présente Ordonnance (fig. 1437, 1438).

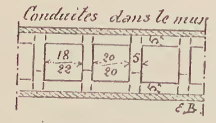


Fig. 1437.

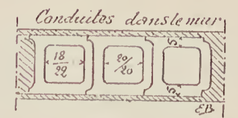


Fig. 1438.

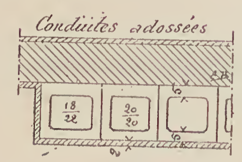


Fig. 1439.

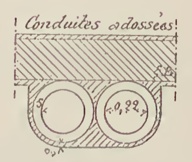


Fig. 1440.

Art. 14. — Les conduits de fumée adossés pourront seuls être construits en boisseaux de terre cuite aux conditions imposées par les mêmes articles 6, 7, 9 et 10 (fig. 1439, 1440).

Art. 15. — Les languettes de contre-cœur, au droit des foyers de ces conduits de fumée, devront être en briques, avoir au moins une hauteur de 0m,80 (*huit décimètres*), une largeur dépassant celle du foyer d'au moins 0m,10 (*dix centimètres*) de chaque côté et une épaisseur d'au moins 0m,10 (*dix centimètres*). Ces languettes, dans toute la largeur du foyer, devront, en outre, être protégées par une plaque de fonte ou un revêtement en briquettes réfractaires d'au moins 0m,04 (*quatre centimètres*) d'épaisseur (fig. 1441, 1442, 1443).

L'épaisseur de la languette pourra n'être que de 0m,06 (*six centimètres*) lorsque les deux cheminées seront adossées l'une à l'autre (fig. 1444).

5° *Conduits de fumée placés à l'intérieur des habitations et desservant les foyers industriels.*

Art. 16. — Les conduits de fumée desservant des foyers industriels, autres que des foyers ordinaires : fours, forges, moufles, générateurs

de vapeur, calorifères ; fourneaux de restaurateurs ou analogues, de rôtisseurs, de charcutiers, etc., fours de boulangers et de pâtisssiers, établissements de bains, etc., devront être, autant que possible, à

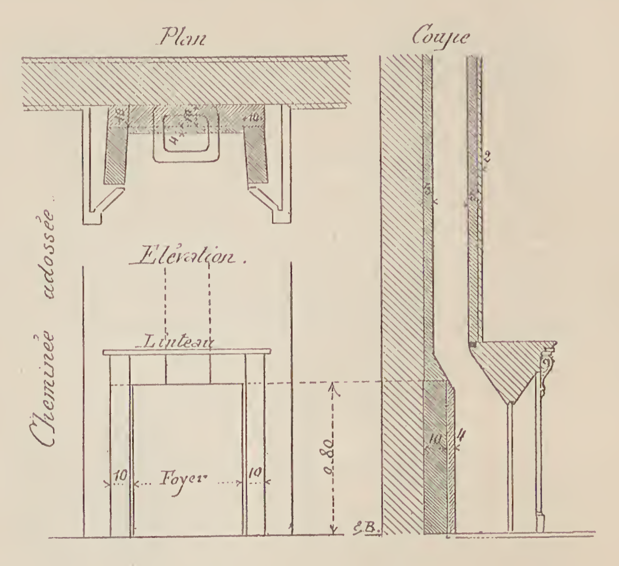


Fig. 1441, 1442, 1443.

l'extérieur ; mais, s'ils traversent des locaux habités, ils ne devront être construits qu'en briques d'au moins $0^{m},10$ (*dix centimètres*), d'épaisseur, et jamais en poterie (fig. 1445 et 1446).

Ils devront être établis conformément aux articles 6, 7 et 8 de la présente Ordonnance et les parois, enduits compris, devront avoir au moins $0^{m},13$ (*treize centimètres*) d'épaisseur.

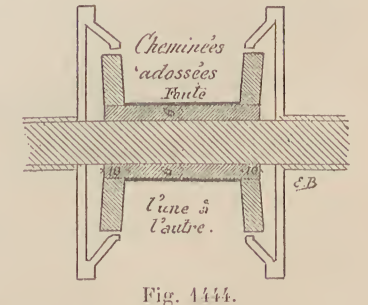


Fig. 1444.

Art. 17. — Les conduits de fumée de ces foyers peuvent avoir des parcours inclinés ou horizontaux se raccordant avec le conduit principal, à la condition d'être en briques et de ne pas traverser des locaux habités.

A chaque changement de direction, il sera établi des trappes de ramonage, facilement accessibles, lutées avec le plus grand soin, et permettant un ramonage efficace de toutes leurs parties depuis le foyer jusqu'à la partie supérieure de la cheminée (fig. 1447).

Art. 18. — Toute face intérieure de ces conduits devra être au

moins à 0m,13 (*treize centimètres*) des bois de menuiserie et à 0m,20 (*vingt centimètres*) des bois de charpente.

Le conduit en métal, qui raccorderait le foyer avec le conduit de

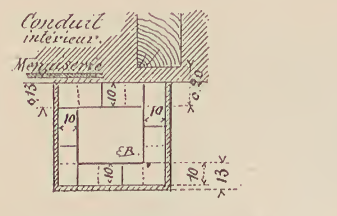


Fig. 1445.

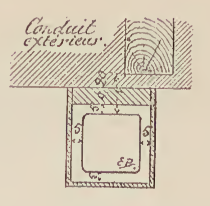


Fig. 1446.

fumée en maçonnerie, ne doit, dans aucun cas, sortir du local où est le foyer. Il doit être à 0m,25 (*vingt-cinq centimètres*) au moins de tout bois de charpente et de menuiserie ou de toute autre pièce combustible (fig. 1448).

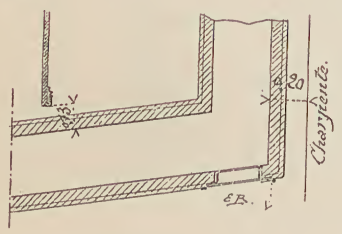


Fig. 1447.

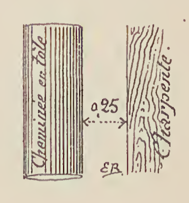


Fig. 1448.

Ces conduits de fumée devront toujours être élevés à une hauteur suffisante ou disposés de telle sorte, qu'il n'en résulte aucune incommodité, ni aucun danger d'incendie pour le voisinage.

6° *Conduits de fumée industriels à l'extérieur et en dehors des habitations. (Grandes cheminées d'usines, etc.)*

Art. 19. — Ces conduits, lorsqu'ils seront placés à l'extérieur des habitations, seront pourvus de dispositions spéciales propres à en faciliter le ramonage.

Art. 20. — Ces cheminées ou conduits, lorsqu'ils seront installés à demeure et pour une durée de plus de trois mois et lorsqu'ils correspondront à une consommation de plus de 25 kg. de combustible par heure, devront être, sauf autorisation spéciale, élevés à une hauteur d'au moins 5 m. (*cinq mètres*) au-dessus des souches de cheminées des habitations avoisinantes dans un rayon de 50 mètres.

La partie inférieure de ces conduits ou cheminées devra être pourvue de chicanes ou de toute autre disposition telle que la fumée, les flammèches ou les escarbilles ne puissent être un danger d'incendie ou d'incommodité grave pour le voisinage.

Entretien des conduits de fumée.

Art. 21. — Les conduits de fumée fixes ou mobiles devront être entretenus en bon état et disposés de façon à être facilement soudés. Les doubles enveloppes, qui laissent un vide entre le conduit et l'enveloppe elle-même, sont formellement interdites lorsque, par cette disposition, elles s'opposent au bon entretien, à la visite et à la préparation desdits conduits.

Tout conduit de fumée brisé ou crevassé doit être de suite réparé ou refait.

Après un feu de cheminée, le conduit de fumée où le feu se sera déclaré devra être visité dans tout son parcours par un architecte ou un constructeur et sera, au besoin, réparé ou refait.

Ramonage.

Art. 22. — Il est enjoint aux propriétaires et locataires de faire nettoyer ou ramoner les cheminées et tous foyers quelconques, ainsi que leurs conduits de fumée, assez fréquemment pour prévenir les dangers de feu.

Il est enjoint aux propriétaires, à l'entrée en jouissance de chaque nouveau locataire, de s'assurer que les cheminées et tous foyers quelconques, ainsi que leurs conduits de fumée, sont en bon état de propreté, et, au besoin, de pourvoir à leur ramonage.

Le ramonage des conduits de fumée faisant partie ou dépendant de chambres ou logements loués en garnis incombera au loueur.

Les foyers ordinaires, dans lesquels on fait habituellement du feu, et leurs conduits de fumée doivent être nettoyés et ramonés deux fois au moins pendant l'hiver.

Les grands fourneaux de restaurateurs, charcutiers et rôtisseurs; les fours de boulangers, patissiers, ou autres foyers d'industries analogues, ainsi que leurs conduits de fumée, doivent être nettoyés et ramonés tous les mois au moins, à moins qu'il ne soit fait exclusivement usage de combustibles maigres, tels que le coke.

Art. 23. — Il est défendu de faire usage du feu ou d'explosifs pour nettoyer les cheminées, les poêles, les conduits de fumée, quels qu'ils soient.

Après chaque opération de ramonage, les trappes de ramonage seront lutées avec le plus grand soin.

TITRE IV

CONDUITS ET TUYAUX DE CHALEUR DES CALORIFÈRES

Art. 24. — Dans la traversée du rez-de-chaussée et des étages, les conduits de chaleur des calorifères à air chaud et à feu direct devront être établis dans les mêmes conditions que les tuyaux de fumée.

Cependant, les conduits pourront être en métal, à la condition

d'être recouverts d'un enduit en plâtre d'au moins 0m,08 (*huit centimètres*) ou de toute autre matière incombustible, non conductrice de la chaleur, et d'une épaisseur suffisante pour éviter tout danger d'incendie (fig. 1449).

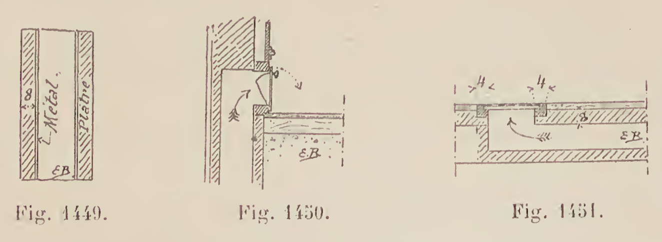


Fig. 1449. Fig. 1450. Fig. 1451.

Les bouches de chaleur encastrées dans les parquets, les plinthes ou les bois de menuiserie auront un encadrement incombustible d'au moins 0m,04 (*quatre centimètres*) de largeur, scellé sur un massif en plâtre ou en toute autre matière incombustible, se raccordant avec les parois intérieures et extérieures du conduit de chaleur qui les dessert (fig. 1450, 1451).

TITRE V

COUVERTURES EN CHAUME, JONC, ETC.

Art. 25. — Aucune couverture en chaume, jonc, ou autre matière inflammable ne pourra être conservée ou établie sans notre autorisation.

TITRE VI

FOURS, FORGES, FOURNEAUX, FOYERS D'USINE ; FOURS DE BOULANGERS, DE PATISSIERS, DE FABRICANTS DE BISCUITS ; ATELIERS DE CHARRONS, DE CARROSSIERS, DE MENUISIERS, ETC.

Art. 26. — La construction et l'exploitation de tous fours, forges, fourneaux ou foyers d'usine ; des fours de boulangers, pâtissiers, fabricants de biscuits ; des foyers ou forges servant aux ateliers de charrons, de carrossiers, de menuisiers, etc..., devront faire l'objet d'une déclaration préalable à la Préfecture de police.

Les générateurs de vapeur sont soumis à la déclaration prescrite par le décret du 30 avril 1880.

Pour ce qui concerne les foyers industriels des établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes, la déclaration se confondra avec la demande en autorisation.

Le sol, le plafond et les cloisons des locaux où seront construits les forges, fours, fourneaux ou foyers tombant sous l'application de la prescription inscrite au § 1er du présent article, ne pourront être en planches ou légers bois de menuiserie. Dans ces locaux, les planchers seront hourdés et plafonnés en plâtre, les remplissages entre les

poteaux en charpente de bois de la construction seront en maçonnerie, et le comble, s'il est en bois, devra être hourdé plein et plafonné, ne laissant apparentes que les grosses pièces de charpente. On devra y maintenir, pour les murs des foyers et pour les conduits de fumée, les isolements des bois et des matières combustibles, proportionnés à la chaleur produite, comme il est dit aux articles 2, 16, 17 et 18 de la présente Ordonnance.

Art. 27. — Les forges, fixes ou mobiles, ne pourront être établies à proximité des murs mitoyens ou des cloisons et des murs séparatifs d'une location voisine, qu'à la condition d'observer un isolement d'au moins $0^m,34$ (*trente-quatre centimètres*) ou de construire un contre-mur, en matériaux réfractaires : ce contre-mur sera d'au moins $0^m,34$ (*trente-quatre centimètres*) d'épaisseur et d'une hauteur suffisante pour protéger les murs et cloisons contre toute dégradation et pour éviter l'incommodité pouvant résulter de la chaleur.

Les forges devront être surmontées de hottes d'une largeur suffisante pour recueillir toutes les fumées, et ces hottes devront être pourvues d'un conduit de fumée.

Art. 28. — Les charrons, carrossiers, menuisiers, ébénistes et autres ouvriers qui travaillent le bois et le fer dans le même local sont tenus d'éloigner, le plus possible, les forges et les foyers quelconques de l'endroit où l'on travaille le bois, et de balayer tous les soirs l'atelier.

Les fourneaux dits *sorbonnes* seront établis sous des hottes en matériaux incombustibles.

L'âtre sera entouré d'un rebord incombustible de $0^m,25$ (*vingt-cinq centimètres*) de hauteur au-dessus du foyer. Ce foyer sera disposé de manière à être clos hermétiquement, pendant l'absence des ouvriers, par une porte en tôle.

Les pots à colle seront entretenus en bon état de propreté, afin d'éviter l'adhérence des cendres et des charbons enflammés.

Le vernis devra être contenu dans des bidons en métal ; les tampons et les chiffons à vernir seront enfermés dans une boîte en métal.

Art. 29. — L'exploitation des fournils et fours de boulangers, de pâtissiers et de fabricants de biscuits, pains d'épice, etc., est soumise aux prescriptions suivantes :

1° Les fournils devront être séparés des locations et habitations voisines par des murs pleins en maçonnerie d'une épaisseur suffisante.

Les locaux, où ils seront installés, seront d'un accès facile;

2° Les fours seront isolés des murs mitoyens et des cloisons ou murs séparatifs des locations voisines par un espace vide d'au moins $0^m,34$ (*trente-quatre centimètres*) et le mur du four devra avoir au moins $0^m,34$ (*trente-quatre centimètres*) d'épaisseur. Les conduits de fumée seront construits comme il est dit aux articles 16, 17, 18 et 19 de la présente Ordonnance ;

3° Le bois de provision devra toujours être disposé en dehors du

fournil, dans un local où il ne puisse présenter aucun danger d'incendie, et la porte de ce local devra être en fer;

4° Le bois destiné à la consommation du jour ne pourra, soit avant, soit après sa dessiccation, être laissé dans les fournils, que s'il est placé dans une resserre en matériaux incombustibles fermant hermétiquement par une porte en fer.

Les arcades situées sous les fours ne pourront être affectées à l'usage de resserre qu'autant qu'elles sont fermées également par une porte en fer, à demeure, posée en retraite à 0m,10 (*dix centimètres*) de la face du four;

5° Les escaliers desservant les fournils seront en matériaux incombustibles;

6° Les sourpentes et resserres et toutes autres constructions établies dans les fournils, ainsi que les supports de panetons, les étouffoirs et coffres à braise, seront aussi en matériaux incombustibles;

7° Les pétrins et les couches à pain seront placés à plus de deux mètres de la bouche du four;

8° Les tuyaux à gaz dans les fournils devront être en fer et non en plomb, et les lumières devront être protégées par des globes ou des verres.

TITRE VII

ENTREPÔTS, DÉPÔTS, MAGASINS ET DÉBITS DE MATIÈRES COMBUSTIBLES OU INFLAMMABLES, AUTRES QUE LES COMBUSTIBLES MINÉRAUX SOLIDES

I. — *Conditions générales.*

Art. 30. — La construction et l'exploitation des magasins, dépôts et entrepôts ci-après devront être précédées d'une déclaration à la Préfecture de police :

Débits de bois de chauffage, de charbon de bois et de tous autres combustibles, à l'exception des combustibles minéraux solides;

Magasins de paille, de fourrages et de paille de bois;

Gardes-meubles;

Magasins, caves et autres lieux renfermant des spiritueux et, en général, des matières dégageant des gaz ou des vapeurs inflammables, non compris dans la nomenclature des établissements classés.

Art. 31. — Ces magasins, dépôts ou entrepôts devront être construits en matériaux incombustibles ou tout au moins sans bois apparents autres que les grosses pièces de charpente. Les portes sur l'extérieur et les portes de communication intérieures devront être en fer.

Art. 32. — Il est rigoureusement interdit de fumer à l'intérieur desdits magasins, dépôts et entrepôts, et cette interdiction sera inscrite en caractères très apparents, au-dessus et à côté des portes d'entrée. Il est interdit, également, d'y allumer ou d'y apporter du feu, des lumières ou des allumettes.

Art. 33. — On ne pourra pénétrer dans les locaux renfermant des matières combustibles qu'avec des lanternes bien closes.

La disposition précédente ne s'applique pas aux chaufferies des générateurs de vapeur, ni aux locaux renfermant seulement des combustibles minéraux solides.

Les caves et les magasins, dans lesquels sont déposés des spiritueux ou des matières dégageant des gaz ou des vapeurs inflammables, devront être convenablement ventilés.

II. — *Magasins de paille et de fourrages.*

ART. 34. — 1° Les magasins de paille et de fourrages, dans lesquels la quantité emmagasinée à la fois dépasse 300 bottes, ne seront habités dans aucune de leurs parties. Ils devront être complètement séparés des propriétés voisines par un mur plein en maçonnerie s'élevant en gradins par parties horizontales à 1 (*un*) mètre au moins au-dessus du lattis de la toiture du bâtiment le plus élevé ;

2° Il n'y aura dans ces magasins ni foyers, ni conduits de fumée quelconques.

Ils seront construits entièrement en matériaux incombustibles sauf le comble qui pourra être en bois. Le comble, s'il est en bois ou en fer, sera hourdé plein et enduit en plâtre, ne laissant apparentes que les grosses pièces de charpentes. Les portes seront en fer et les planchers hourdés plein et enduits en plâtre ;

3° Les supports verticaux des planchers seront formés par des piles en maçonnerie ou par des colonnes en métal, protégées par un enduit en plâtre, stuc ou ciment, ou par une enveloppe en terre cuite réfractaire ;

4° Les ouvertures latérales, ainsi que celles établies sur combles, seront fermées à verre dormant, avec toile métallique à mailles serrées.

La ventilation intérieure se fera au moyen de trémies ou tuyaux qui monteront au-dessus du comble et dont l'orifice de sortie sera protégé par un chapeau saillant ;

5° A chaque étage de ces bâtiments, il sera établi un nombre suffisant de prises d'eau, en pression, au pas de 40 (*quarante*) millimètres de diamètre, avec jeux de tuyaux flexibles munis d'une lance et longueur suffisante pour atteindre toutes les parties du magasin.

TITRE VIII

MAGASINS DE DÉCORS ET D'ACCESSOIRES DE THÉATRE ET ATELIERS ANNEXES DE CES MAGASINS

ART. 35. — La construction et l'établissement des magasins de décors [1] et accessoires, ainsi que l'exploitation des ateliers annexes de ces magasins, devront être précédés d'une déclaration faite à la Préfecture de police.

[1] Ces magasins, aux termes de l'Ordonnance de police du 16 mai 1881, doivent être en dehors de l'enceinte des théâtres.

Les plans, coupes et élévations en double expédition, à l'échelle de $0^m,01$ (*un centimètre*) par mètre, seront joints à la déclaration.

Art. 36. — Ces magasins et ateliers pourront être isolés ou adossés.

En cas d'adossement d'une partie quelconque du magasin ou de ses annexes, il sera construit, dans toute la hauteur, un contre-mur en briques de $0^m,22$ (*vingt-deux centimètres*) au minimum, recouvert d'un enduit en plâtre d'au moins $0^m,03$ (*trois centimètres*) d'épaisseur pour préserver les murs mitoyens. Ce contre-mur et le mur mitoyen s'élèveront en gradins par parties horizontales à 1 (*un*) mètre au-dessus du lattis des toitures du bâtiment le plus élevé.

En cas d'isolement, il sera laissé, sur tous les côtés qui ne seront pas bordés par la voie publique, un espace libre ou chemin de ronde d'au moins (*trois*) mètres de largeur, et aucune ouverture ne pourra être pratiquée dans le mur du magasin si ce chemin de ronde ou espace libre a moins de 6 (*six*) mètres de largeur.

Art. 37. — Ces magasins et ateliers devront être construits en matériaux incombustibles, ou tout au moins sans bois apparents autres que les grosses pièces de charpente du comble. Les planchers, les combles, les cloisons et les escaliers seront hourdés plein en plâtre.

Art. 38. — Les ateliers annexes de ces magasins en seront complètement séparés, dans toute la hauteur, par des murs ou des cloisons en maçonnerie s'élevant en gradins par parties horizontales de 1 (*un*) mètre au moins au-dessus du lattis de la toiture du bâtiment le plus élevé. Les portes de communication seront en fer et battantes.

Les sorbonnes, établies conformément à l'article 29 de la présente Ordonnance, et les fourneaux seront installés dans un local spécial, complètement séparé des magasins et autres ateliers par des murs ou des cloisons en maçonnerie et des planchers en fer hourdé plein en plâtre. Les portes de ce local seront en fer et battantes. Le sol sera incombustible.

Les conduits de fumée des sorbonnes et des fourneaux devront être construits en briques de $0^m,10$ (*dix centimètres*) d'épaisseur au moins, recouvertes d'un enduit en plâtre, et ces conduits, s'ils traversent les magasins ou les ateliers, seront séparés des décors, des accessoires ou autres matières combustibles emmagasinées, par un espace vide d'au moins $0^m,50$ (*cinquante centimètres*) de largeur, réservé au moyen d'un grillage métallique.

Art. 39. — Les lumières, servant à l'éclairage des ateliers, seront protégées par des globes ou des verres. L'usage des essences minérales y est formellement interdit.

On ne pourra pénétrer avec de la lumière dans les magasins, que si cette lumière est renfermée dans une lanterne parfaitement close et dont les verres seront protégés par un grillage métallique.

Il est interdit de fumer dans les magasins et cette interdiction sera inscrite en caractères très apparents à l'entrée et à l'intérieur.

Le vernis devra être contenu dans des bidons en métal ; — les pots à colle seront entretenus en bon état de propreté afin d'éviter l'adhérence des cendres et des charbons incandescents.

Tous les soirs, les copeaux, la sciure, les débris de bois, de toiles et autres matières inflammables seront balayés avec le plus grand soin, ils seront enlevés très fréquemment ; ils seront, en attendant leur enlèvement, déposés dans une resserre spéciale, construite en matériaux incombustibles et fermée par une porte en fer.

Tous les châssis vitrés sur les combles et courettes seront protégés par des grillages métalliques à mailles serrées ou par des verres grillagés.

Art. 40. — Ces magasins et ateliers devront être munis de tous les secours contre l'incendie qui pourront leur être prescrits ; colonne d'eau en pression, établissements avec jeux de tuyaux flexibles munis d'une lance, seaux, éponges, etc.

A des époques rapprochées, une commission composée de l'architecte de la circonscription, de l'officier des sapeurs-pompiers délégué et du commissaire de police, visitera chaque magasin de décors.

A l'issue de chaque visite, il sera dressé procès-verbal par les soins du commissaire de police, qui le transmettra à telles fins que de droit.

TITRE IX

ÉTABLISSEMENTS ET THÉATRES FORAINS

Art. 41. — Sans préjudice des prescriptions spéciales qui pourront leur être imposées, les théâtres et établissements forains, recevant du public, ne pourront être éclairés qu'au gaz canalisé, à l'huile végétale ou à l'électricité, L'éclairage au gaz ne sera autorisé qu'à la condition que la canalisation sera en fer et que les becs, toujours fixes, seront munis de larges fumivores et suffisamment éloignés des toiles ou autres matières combustibles. Le raccord en plomb avec la canalisation de la Compagie parisienne et le compteur seront toujours placés à l'extérieur et protégés par un coffre fermant à clef.

Les sorties, escaliers et dégagements devront être largement suffisants.

TITRE X

EXTINCTION DES INCENDIES

Art. 42. — Aussitôt qu'un feu de cheminée ou un incendie se manifestera, il en sera donné avis aux sapeurs-pompiers, au moyen de l'avertisseur le plus proche ou en prévenant le poste le plus voisin.

Art. 43. — Il est enjoint à toute personne chez qui le feu se manifesterait, d'ouvrir les portes de son domicile à la première réquisition des sapeurs-pompiers, et de tous agents de l'autorité.

Art. 44. — Les propriétaires ou locataires des lieux voisins du point incendié seront obligés de livrer, au besoin, passage aux sapeurs-pompiers et aux agents de l'autorité appelés à porter secours.

Art. 45. — Les habitants de la rue où se manifeste l'incendie et

ceux des rues adjacentes laisseront puiser de l'eau à leurs puits, pompes et robinets de concession pour le service de l'incendie.

Art. 46. — En cas de refus de la part des propriétaires et des locataires de déférer aux prescriptions des trois articles précédents les portes seront ouvertes à la diligence du commissaire de police, et, à son défaut, de tout commandant de détachement de sapeurs-pompiers.

Art. 47. — Il est enjoint aux propriétaires et principaux locataires des maisons où il y a des prises d'eau et appareils de secours contre l'incendie de les entretenir en bon état.

Art. 48. — Les propriétaires, gardiens ou détenteurs de seaux, pompes, échelles, etc., qui se trouveront soit dans les édifices publics, soit chez les particuliers, seront tenus de déférer aux demandes du Commandant de détachement des sapeurs-pompiers et des commissaires de police qui les requerront de mettre ces objets à leur disposition.

Art. 49. — Les gardiens des réservoirs publics seront tenus de fournir l'eau nécessaire pour l'extinction des incendies.

Art. 50. — Toute personne requise pour porter secours en cas d'incendie et qui s'y serait refusée, sera poursuivie ainsi qu'il est dit en l'article 475 du Code pénal.

TITRE XI

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 51. — L'Ordonnance de police du 15 septembre 1875, concernant les incendies, ainsi que celle du 25 mars 1828, concernant les détaillants de fourrages, sont rapportées.

Art. 52. — Il n'est pas dérogé, par la présente Ordonnance, aux dispositions relatives aux dangers d'incendie qui ne lui sont pas contraires et que renferment les règlements spéciaux concernant les halles et marchés[1], les abattoirs[2], les ports et berges[3], les salles de spectacle[4], etc.

Art. 53. — Les contraventions à la présente Ordonnance seront constatées par des procès-verbaux qui nous seront transmis pour être déférés, s'il y a lieu, aux tribunaux compétents.

Il sera pris, en outre, suivant les circonstances, telles mesures d'urgence qu'exigera la sûreté publique.

Disposition transitoire générale.

Art. 54. — Les dispositions de la présente Ordonnance ne seront

[1] Ordonnances de Police du 30 décembre 1865 et du 12 octobre 1867.

[2] Ordonnance de Police du 20 avril 1879.

[3] Ordonnance de Police du 30 avril 1895.

[4] Ordonnance de Police du 16 mai 1885.

applicables qu'aux constructions nouvelles et aux reconstructions partielles des bâtiments anciens.

L'obligation stipulée sous l'article 9 de n'employer pour l'établissement des conduits de fumée que des wagons et des boisseaux en terre cuite ayant une épaisseur d'au moins $0^{m},05$ (*cinq centimètres*) et la disposition qui fixe à $0^{m},04$ (*quatre centimètres*) de largeur l'encadrement incombustible des bouches de chaleur encastrées dans les parquets, les plinthes ou les bois de menuiserie (article 24, 3[e] aliéna), n'auront d'effet que dans un an, à partir du jour de la publication de la présente Ordonnance.

Art. 55. — La présente ordonnance sera publiée et affichée.

Le directeur de la police municipale, le colonel du régiment des sapeurs-pompiers, les commissaires de police, les architectes de la préfecture de police et les autres préposés de la préfecture de police en surveilleront et en assureront l'exécution chacun en ce qui le concerne.

Elle sera adressée à notre collègue, M. le préfet de la Seine, à M. le général commandant la place de Paris, à M. le président du tribunal civil, à M. le colonel de la garde républicaine et à M. le commandant de la gendarmerie de la Seine.

Le Préfet de police,
Lépine.

Par le Préfet de police :
Le Secrétaire général,
E. Laurent.

INSTRUCTION CONCERNANT LES INCENDIES

Toute caserne ou poste central de sapeurs-pompiers qui aura été avisé d'un incendie, s'y rendra immédiatement en se conformant aux instructions spéciales du régiment.

Si l'incendie présente un caractère alarmant, le colonel des sapeurs-pompiers préviendra le préfet de police et le général commandant la place et se rendra sur le lieu du sinistre.

Le commandant de détachement de sapeurs-pompiers prendra la direction des secours.

Le commissaire de police s'occupera plus spécialement des diverses mesures à prendre dans l'intérêt de l'ordre, de la conservation des propriétés et de la sûreté publique.

Dans les incendies de quelque importance, il recherchera un ou deux locaux à proximité du sinistre, où les sapeurs-pompiers pourront changer de vêtements.

Si plusieurs commissaires de police sont présents, ils se partageront le service, mais la direction principale appartiendra toujours au commissaire du quartier.

Les commissaires requerront au besoin la force armée.

Les troupes appelées sur le théâtre de l'incendie ne doivent être généralement employées qu'au maintien du bon ordre, la direction des secours devant être laissée au corps des sapeurs-pompiers.

Afin d'éviter des accidents, et pour ne pas porter le feu dans les parties de bâtiment qu'il n'a pas encore atteintes, le public qui se rend sur le théâtre de l'incendie ne doit en aucune façon ouvrir les portes, les croisés et autres issues des lieux incendiés, et surtout ne rien démolir avant l'arrivee des sapeurs-pompiers, à moins que ce ne soit pour sauver des personnes en danger. Ce sauvetage doit se faire autant que possible par les escaliers.

Le déménagement des gros meubles et des gros effets ne doit avoir lieu qu'à l'arrivée des sapeurs-pompiers, qui jugent si ce déménagement est nécessaire.

C'est ainsi que l'on pourra reconnaître, à l'état des lieux, comment le feu a pris, empêcher les vols et les dégradations, et maîtriser le feu plus facilement en évitant les encombrements dans les escaliers et autour du point incendié.

Le colonel du régiment de sapeurs-pompiers, le commissaire de police et tous les autres agents de l'autorité, nous signaleront les personnes qui se seront fait remarquer dans les incendies.

Les commissaires de police dresseront procès-verbal des incendies et des circonstances qui les auront accompagnés.

Ils rechercheront les causes des incendies et les indiqueront, ainsi que le montant approximatif des pertes occasionnées; ils feront aussi connaître si l'incendié est assuré, et pour quelle somme.

Vu pour être annexé à notre ordonnance de ce jour.

Le Préfet de police,
LEPINE.

Chambre de chaleur. — Elle doit être très large, surtout en haut au départ des conduites de distribution d'air chaud. A la partie supérieure sont prises les conduites chauffant les pièces les plus éloignées et immédiatement au-dessous celles qui desservent les pièces les plus proches. Cette disposition a sa raison d'être parce que l'air chaud est d'autant plus léger qu'il est à une plus haute température, et par conséquent c'est l'air le plus chauffé qui s'engage dans les canaux supérieurs, ce qui est rationnel, puisque, ayant un plus long parcours à faire, il aura plus de chances de refroidissement. Chacune de ces conduites, au départ du calorifère, doit être munie en dehors d'une clef d'arrêt qui permet de supprimer, en cas de besoin, le chauffage dans une pièce quelconque. Dans la chambre de chaleur est disposé un vase rempli d'eau et alimenté par un réservoir à flotteur, de manière à saturer l'air d'une humidité sans laquelle il serait insupportable.

Dans la chambre, il doit toujours y avoir un espace libre de $0^m,50$ entre l'appareil et la paroi. Cette dernière est double pour éviter une déperdition immédiate, et les deux cloisons qui la constituent sont écartées de $0^m,10$ environ.

Appareils à cloche. — Actuellement, presque tous les appareils sont munis d'une cloche à ailettes et d'un jeu de tuyaux en tôle ou en fonte qui forme la surface de chauffe. La figure 1452 que nous donnons comme exemple est un modèle de la maison Delaroche aîné de Paris.

On fait aussi des calorifères sans cloche avec foyer ordinaire, tel par exemple celui de M. Grouvelle. Dans cet appareil, le foyer est placé très bas, ce qui a pour conséquence de donner à la fumée une plus grande hauteur de tirage ; ce foyer est entouré d'une enveloppe réfractaire pour éviter de brûler les parois métalliques et ne pas non plus brûler l'air à chauffer.

Appareils Michel Perret. — Les combustibles pulvérulents sont extrêmement abondants, soit comme déchets d'exploitation de mines, soit comme résidus de combustibles déjà utilisés en partie.

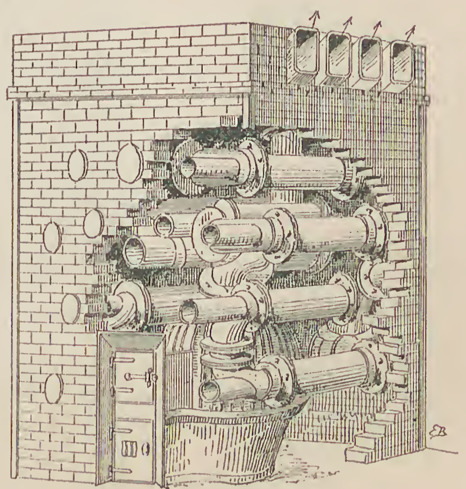


Fig. 1452. — Calorifère.

Pour les menus de houilles plus ou moins grasses, on parvient bien à les utiliser, grâce à la fabrication des briquettes ; mais si l'on veut agglomérer des poussiers de houille maigres, ou de cokes, on n'obtient guère que la combustion de l'agglomérant, et on rejette avec les cendres une portion considérable du combustible employé.

Il en est de même pour la tourbe menue, le fraisil des forges, et à plus forte raison pour des matières absolument dédaignées jusqu'ici, comme les suies de locomotives et la plupart des rési-

dus des foyers, malgré leur teneur relativement importante en carbone. Pour ces derniers, en effet, il convient de remarquer qu'après triage des plus gros mâchefers, ils renferment encore 30 à 35 p. 100 de matières combustibles, et ceux des foyers fortement activés en contiennent jusqu'à 55 p. 100.

La difficulté d'employer ces divers poussiers dans les foyers ordinaires à grilles en abaisse singulièrement le prix ; et si l'on songe que, par exemple, la Compagnie parisienne du gaz produit à elle seule jusqu'à 60 000 tonnes de poussier de coke par an, qu'elle vend aux environs de 12 francs la tonne et que dans la seule gare de Dijon, on est obligé chaque année de se

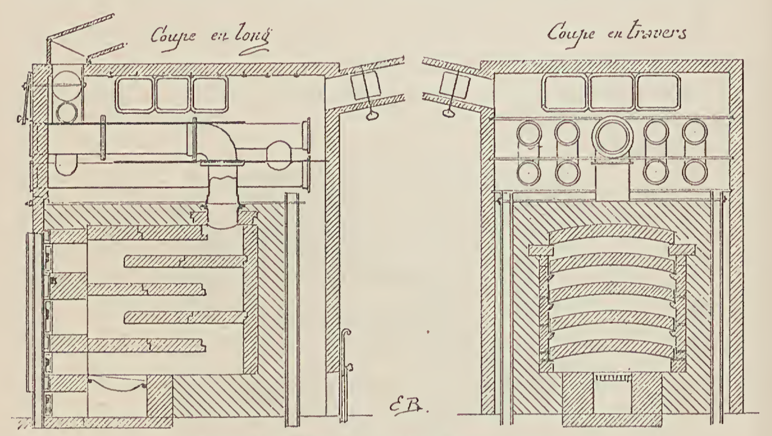


Fig. 1453, 1454. — Calorifère à étages.

débarrasser de 1 800 tonnes de suie de locomotives, on se rendra aisément compte de l'économie qu'on peut introduire dans le chauffage industriel par l'usage de foyers capables d'utiliser ces résidus divers non seulement sans aucune préparation, mais encore d'une manière aussi complète que possible. Dans la pratique, cette économie peut atteindre 50 p. 100.

M. Michel Perret a obtenu ce résultat au moyen de deux appareils : l'un est le foyer à étages multiples, destiné aux applications qui n'exigent pas une forte somme de chaleur dans un temps restreint ; l'autre est un foyer muni d'une grille spéciale qui permet une combustion plus rapide que le précédent, et peut s'employer au chauffage des chaudières à vapeur. Ici, nous ne nous occuperons, bien entendu, que du premier.

Il a pour point de départ le foyer imaginé en 1863 par le même inventeur pour obtenir la combustion régulière de la pyrite menue (sulfure de fer), matière très pauvre au point de

vue du calorique qu'elle peut produire par le grillage, et très difficile à brûler à cause de son extrême division et de sa densité quadruple de celle du charbon. Cet appareil que nous représentons (fig. 1453, 1454) est aujourd'hui bien connu ; notre exemple montre un foyer à quatre étages appliqué au chauffage d'un calorifère. Chaque étage est formé d'une dalle réfractaire d'une seule pièce, et ces dalles sont légèrement cintrées pour augmenter leur solidité. La façade est percée de quatre ouvertures superposées, garnies de portes qui servent à l'introduction et à la manœuvre du combustible sur les étages et à l'extraction des résidus du cendrier.

Les dalles sont supportées sur les parois latérales du foyer, qui sont également construites en briques réfractaires, le tout étant entouré d'un massif en briques ordinaires destiné à éviter la déperdition de la chaleur et à consolider tout l'ensemble, maintenu en outre par un système général d'armatures métalliques.

La combustion s'opère à l'air chaud : à cet effet, on utilise le rayonnement de la plaque de devanture en fonte en disposant devant elle une porte en tôle qui fait fonction d'écran, et l'air d'alimentation est forcé de passer entre ces deux portes. Il se rend ensuite à chaque étage par de petites, ouvertures, pratiquées dans les portes, et que le chauffeur peut restreindre ou augmenter au moyen de réglettes glissantes.

Pour la mise en train, on fait dans le cendrier ou dans un petit foyer à grille adjoint, un feu autant que possible flambant, de manière à porter au rouge l'ensemble des étages. A ce moment, on les garnit tous d'une première couche de combustible en poussière, qui, au contact des dalles chauffées au rouge entre en ignition.

La manœuvre régulière consiste alors à faire descendre le combustible d'étage en étage en recouvrant la première dalle devenue libre d'une nouvelle couche de combustible frais qu'on étale convenablement de manière à laisser libre la circulation de l'air entre les divers étages. Cette opération est renouvelée suivant les besoins de une à quatre fois et plus dans les vingt-quatre heures. On peut donc faire consommer au foyer, sans nuire à la régularité de son allure, une quantité de combustible qui passe du simple au quadruple : les chiffres courants sont de 2 à 8 kilogrammes par heure et par mètre carré de la surface supérieure d'un étage. Ce résultat s'obtient par la manœuvre du registre qui règle la sortie des gaz de la combustion, et des petites portes par lesquelles arrive l'air d'alimentation, sans qu'il y ait à s'en occuper en dehors des heures de chargement de l'appareil.

Le combustible étalé en couches minces entre deux dalles portées au rouge dont l'une le soutient, et dont l'autre rayonne à sa surface supérieure en ne laissant qu'un espace de quelques centimètres pour la circulation de l'air, est maintenu à une température élevée. Les manœuvres de descente qui constituent un chauffage méthodique et renouvellent les surfaces en contact avec l'air, et le long séjour de chaque couche dans le foyer permettent d'arriver à l'épuisement du combustible, et *on ne trouve dans le cendrier aucune trace de matière charbonneuse.*

Enfin, dans le foyer à étages, aucun obstacle ne s'oppose comme dans les foyers à grille à la marche ascensionnelle de l'air. Le tirage peut donc être réduit à son extrême limite, et l'introduction de l'air se régler d'une façon tout à fait précise. C'est ce qui explique la possibilité de réduire l'alimentation à une seule charge par vingt-quatre heures.

Dans le calorifère à air chaud représenté par les figures 1453 et 1454, l'air froid monte derrière le foyer par un carneau qui s'ouvre sur la droite, lèche les tubes à fumée en tôle placés sous la première tôle écran, se retourne à l'extrémité de celle-ci pour revenir le long d'une seconde rangée de tubes à fumée entre les deux tôles écrans, et enfin vient s'accumuler à la partie supérieure dans une chambre, où se font les prises d'air chaud pour le chauffage.

La combustion lente, qui se développe dans le foyer à étages, la continuité de sa marche qui vient parer d'une manière efficace au refroidissement nocturne et la facilité du réglage, le désignent tout spécialement pour le chauffage des grands édifices et notamment des églises, qui présentent à l'action extérieure des surfaces considérables tant par les murs que par les grandes verrières. L'air chaud envoyé est d'ailleurs parfaitement respirable, comme cela se produit pour tous les appareils où il n'est pas en contact avec des surfaces métalliques chauffées au rouge. Le foyer Perret donne également d'excellents résultats dans les chauffages industriels, étuves, séchoirs, etc. ; partout où l'on a besoin d'une grande quantité *constante* de chaleur, et l'économie considérable qu'il procure jointe à l'extrême simplification de la main-d'œuvre, sont les qualités qui sont les plus appréciées dans ces différents cas.

Cet appareil convient surtout dans les endroits ayant besoin d'être constamment chauffés ; la mise en marche, plus difficultueuse que dans les calorifères à petits foyers, rendrait difficile un service intermittent.

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE

Le chauffage à eau chaude et à basse pression est basé sur ce fait que l'eau chaude à volume égal est moins lourde que l'eau froide. C'est un mouvement circulatoire continu de l'eau, qui, après s'être échauffée dans une chaudière, s'élève dans une série de tubes ; puis après s'être refroidie, revient à la chaudière par des conduites semblables (fig. 1455).

En principe, une chaudière remplie d'eau est disposée dans le point le plus bas de l'édifice à chauffer ; partant de cette chaudière, un conduit greffé à la partie supérieure conduit l'eau dans un récipient placé en haut de l'édifice et appelé vase d'expansion ; de ce vase partent des conduits qui desservent les étages à chauffer puis retournent à la chaudière.

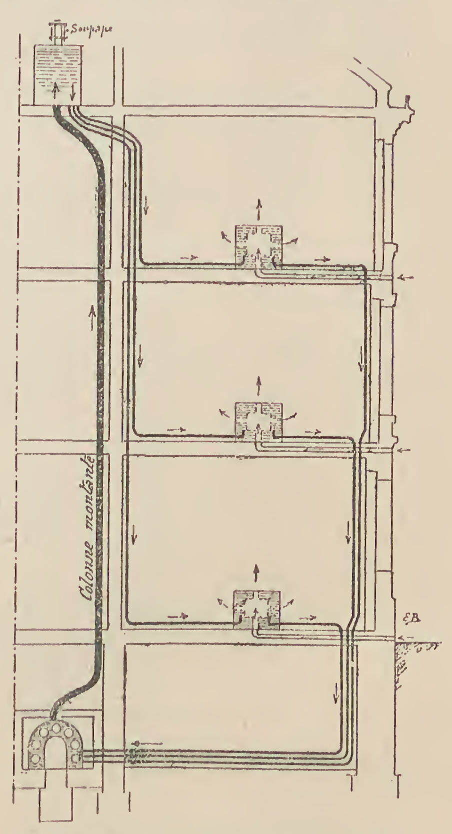


Fig. 1455. — Chauffage à eau chaude.

Chauffée à 60 ou 90°, l'eau transmet par mètre carré et par heure 360 ou 600 calories..

Quand l'eau sort de la chaudière, elle est à une température d'environ 90° et n'a plus que 30° quand elle y rentre. Il est donc bien de ne considérer que la température moyenne, soit 60° et de fixer à 400 calories la quantité de chaleur que transmettra la surface de chauffe par mètre carré et par heure. En prenant M comme nombre de calories nécessaires, on devra donc avoir une surface de chauffe égale à $\frac{M}{400}$.

Empruntons encore à M. Planat : appelons t la température

de l'eau arrivant dans les appareils, t' la température à la sortie : la capacité calorique de l'eau est 1, c'est-à-dire que chaque kilogramme d'eau reçoit ou restitue une calorie pour une différence de 1° de température. En passant de t à t', chaque mètre cube a donc livré :

$$1{,}000 \times (t - t')$$

calories ; comme nous venons de le dire, on prend ordinairement t égal à 90° et t' à 30° ; la différence $t - t'$ est donc 60°, ce qui correspond à 60 000 calories par mètre cube. Mais la totalité n'est pas utilisée pour le chauffage ; prenons, par exemple, 50 000 calories par mètre cube. Il doit alors passer $\frac{M}{50\,000}$ mètres cubes d'eau par heure pour fournir les M calories nécessaires, ou, par seconde, un volume représenté par le chiffre précédent, divisé par 3600.

Les conduites se font en fonte unie ou garnie d'ailettes, en cuivre et même en fer.

Les chaudières sont généralement simples ; toutes recherchent la plus grande surface de chauffe, aussi en voit-on avec un ou plusieurs bouilleurs, ou encore affectant la disposition tubulaire.

Chauffage de bain. — Cet appareil prend le nom de *thermosiphon;* c'est, en petit, le chauffage à eau chaude que nous

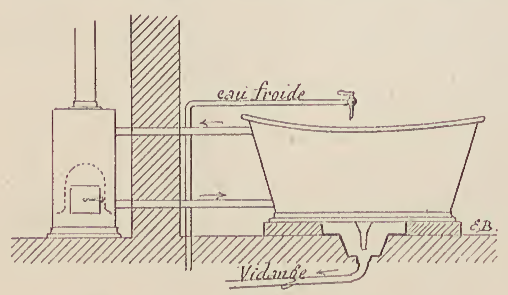


Fig. 1456. — Chauffage de bain.

venons de voir, mais avec une chaudière peu importante, ou un chauffe-bain comme celui que nous représentons figure 1456.

Il est presque toujours possible dans les habitations d'établir un chauffage de bain très économique en même temps que constamment prêt. Il s'agit du chauffage au moyen du fourneau de cuisine, disposition fort simple que nous représentons figure 1457.

Un autre système préconisé par M. Joly consiste à obtenir le chauffage par l'utilisation de la fumée. Laissons-lui la parole :

« Qu'on ne croie pas, dit-il, avoir un bain gratuit par le bouilleur ordinaire entourant le foyer : non seulement le charbon y brûle moins bien au contact d'une surface froide, mais la chaleur prise par le bouilleur est une perte réelle pour la cuisson des aliments. On ne doit utiliser que la chaleur perdue de la fumée avant son passage dans la cheminée. Après bien des tâtonnements et des essais pour simplifier le service et la dépense, j'ai adopté un service de réservoir et de robinets qui convient parfaitement à nos habitations superposées : il est éminemment économique, puisqu'il ne demande pas d'installation coûteuse et qu'il n'utilise que la chaleur perdue des fourneaux ; il peut s'appliquer partout, la dimension seule du réservoir doit varier suivant les besoins. Ce réservoir pourrait être percé de tuyaux pour augmenter la surface de chauffe. Quand on le pourra, il sera préférable de placer la baignoire le plus près possible du fourneau de cuisine, dans les ménages modestes, pour en utiliser la chaleur par des ventouses convenables...

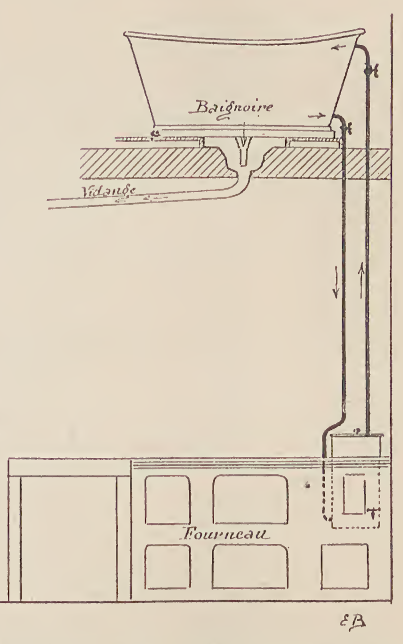
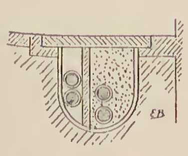


Fig. 1457. — Bain chauffé par le fourneau.

Voyons l'arrangement qu'il faut préférer : je suppose le cabinet de bain contigu à la cuisine et recevant une bouche de chaleur du fourneau même ; il y a là avantage évident, moins de parcours de tuyaux et de dépense. Quand le cabinet de bain sera éloigné, on aura recours à la circulation en siphon sous le plancher, puisque le robinet de la baignoire sera placé plus bas que la prise sur le réservoir ; on posera les tuyaux comme l'indique la figure 1458.


Fig. 1458. Système Joly.

Si la maison est bâtie, on pourra mettre le réservoir en avant du mur, mais alors l'âtre sera un peu étroit et exigera une ral-

longe mobile ; il sera préférable de profiter de l'épaisseur du mur pour en prendre 30 centimètres, afin d'y loger le réservoir comme on le voit sur les figures 1459 et 1460.

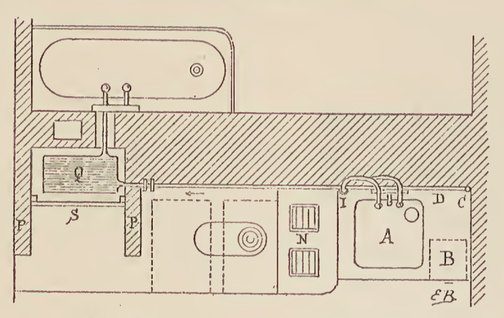


Fig. 1459. — Système Joly. Plan.

A, pierre d'évier avec bonde siphoïde très large pour débiter autant d'eau que les deux robinets ouverts ensemble pourraient en donner ;

B, cuvette à eaux ménagères ;

C, tuyaux d'eau froide pour alimenter tous les étages ;

D, branchement avec robinet d'eau froide E, pour la cuisine ;

E, robinet d'alimentation du réservoir qui, une fois rempli, donne issue à l'eau par le tuyau de retour G, allant déboucher sur la pierre d'évier en A, et donnant issue en même temps à la vapeur ; ce débouché indique si le réservoir est rempli ;

I, robinet d'arrêt du tuyau J allant alimenter la baignoire : en cas de nettoyage à cette dernière, le robinet I permet l'usage de l'eau froide sans interruption pour la cuisine ;

Fig. 1460.
Système Joly. Coupe.

K, robinet d'eau chaude pour l'évier ; la prise en L, à une hauteur de 0m,60 dans le réservoir, oblige de remplir ce dernier, sans quoi l'évier ne serait pas alimenté, et en cas de négligence il y a encore suffisamment d'eau dans le réservoir pour que la chaleur du foyer ne lui nuise pas ;

M, plaques en faïence émaillée ; sur lesquelles posent les tuyaux ;

N, chauffage au charbon de bois ou au gaz. Il n'y a pas d'installation complète sans un ou plusieurs réchauds au gaz, en cas de non-allumage du fourneau. Le gaz est, en effet, l'un des chauffages les plus logiques, surtout quand on pourra en baisser le prix. Avec lui, il n'y a pas de combustible à emmagasiner et à remuer, pas de poussière, pas de cendre, pas de difficultés, ni de lenteurs d'allumage ; la dépense cesse dès que le besoin de chaleur n'existe plus. Cette chaleur s'arrête, se reprend, s'augmente à volonté ; c'est le serviteur le plus obéissant que l'on puisse avoir sous la main ;

O, conduite d'air chaud allant s'ouvrir dans le cabinet contigu ;

P, cloison de briques de $0^m,11$;

Q, réservoir d'eau chaude ayant environ ; $1^m,30$ de haut, $0^m,65$ de large, $0^m,25$ d'épaisseur, et contenant par conséquent 200 litres environ. Il est baigné de toutes parts par la fumée du fourneau qui vient le frapper en dessous, s'étale en nappe et va trouver son issue dans le tuyau R, que ferme une trappe mobile, une fois le foyer éteint. Le réservoir se trouve ainsi plongé dans un gaz mauvais conducteur et par devant isolé de l'âtre par une plaque de fonte S, portant elle-même sur deux cornières, où deux taquets le maintiennent.

T, 2 barres supportant le réservoir.

U, gros tampon de $0^m,20$ sur 0^m, 40 doublé en briques et servant au ramonage. Par devant, se trouvent 2 tiroirs X pour les combustibles.

Le réservoir est percé de 4 tubulures à raccords ordinaires : l'une, en V, pour l'arrivée de l'eau ; la deuxième, en G, pour le trop-plein ; la troisième, en L, pour l'alimentation de la cuisine ; la quatrième, par derrière, pour l'alimentation de la baignoire. Le réservoir peut être en tôle ou en cuivre étamé avec entretoises pour empêcher l'écartement. A la partie supérieure, un trou d'homme sera ménagé pour le nettoyage, et un petit robinet en dessous pour la décharge. Le démontage se fera facilement en ôtant la plaque S, en dévissant les robinets de la baignoire et les raccords L, V, G. Les tuyaux sont tous en plomb de $0^m,027$ sauf les tubulures : ceux qui passeront dans le mur seront dans un manchon de fonte comme les tubulures ; les vides garnis de terre à four. Au besoin, on installera en dessous un petit foyer, en cas de non allumage du fourneau : on réservera en haut un tampon de nettoyage. Enfin, on adaptera dans l'angle un tuyau de fumée en cas de réparation au réser-

voir. » La chaleur obtenue est toujours supérieure aux 32° nécessaires pour les bains.

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A HAUTE PRESSION

L'ingénieur anglais Perkins proposa, vers 1830, un système de chauffage qui repose sur ce principe : que si l'on chauffe une certaine quantité d'eau dans un système tubulaire clos, cette eau soustraite à la pression atmosphérique ne pouvant entrer en ébullition, s'échauffe rapidement et peut atteindre une température élevée. Il distribua cette chaleur dans les différentes parties d'un édifice, au moyen d'une circulation d'eau, dans un conduit sans fin, formé par de très petits tuyaux en fer, dont une partie roulée en spirale est placée dans un foyer et forme chaudière tubulaire.

Ce système, que M. Gandillot a importé en France est exactement le même que celui du chauffage à basse pression, mais d'une exécution beaucoup plus simple.

Chaudière. — La chaudière est formée par un tuyau enroulé sur lui-même suivant une forme variable : rectangle, triangle, etc., suivant l'emplacement dont on dispose pour le foyer. Les spires sont en contact sur une portion de leur longueur et laissent sur une autre portion des alternements. Le pot ainsi formé contient la grille. Les flammes traversent les alternements, qui brassent les gaz chauds et donnent donc une combustion plus complète, puis passent dans des carneaux formés par l'intervalle existant entre les parois tubulaires et la chemise en briques du fourneau, et s'échappent par la cheminée.

Le chargement du combustible se fait par le haut du foyer.

Ces fourneaux sont très petits ; on peut chauffer :

600 mètres cubes d'air avec un fourneau de 1 mètre de tous côtés ;

1 000 mètres cubes d'air avec un fourneau de $1^m,20$ sur $1^m,10$ et $1^m,10$ de haut ;

2 000 mètres cubes d'air avec un fourneau de $1^m,50$ sur $1^m,20$ et $1^m,30$ de haut.

Le combustible généralement employé est le coke ou la houille ; on peut aussi disposer la grille pour brûler du bois, de la tourbe et les menus combustibles qu'on ne peut utiliser avec les autres systèmes.

Eau. — L'eau qui remplit les tuyaux s'échauffe dans le serpentin dès que le feu est allumé, et, diminuant de densité, s'élève forcément dans la branche inférieure. La circulation de l'eau est ainsi produite par la différence de densité de la colonne montante chaude et de la colonne descendante plus froide. Cette circulation continue jusqu'à l'entier refroidissement de l'appareil et peut être comparée, en quelque sorte, à celle du sang chez l'homme.

A la partie la plus élevée des tuyaux on greffe un tube d'un diamètre plus fort, dit *tube d'expansion*, qui reçoit l'excédent de volume de l'eau dilatée quand l'appareil est en marche.

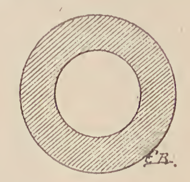
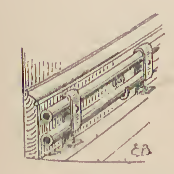


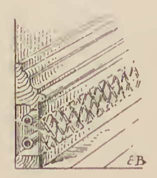
Fig. 1461.
Section de tuyau.

Tuyaux. — Les tuyaux composant tout l'appareil sont en fer, étirés et soudés à chaud, d'un diamètre extérieur de $0^{m},027$ millimètres, et leur épaisseur de $0^{m},006$ millimètres environ (fig. 1461).

Joints. — Les raccords des tuyaux entre eux se font au moyen de manchons à vis, dont le joint spécial rend toute fuite *matériellement impossible*.

Les tuyaux courent dans les pièces le long des murs. Ils produisent la chaleur à l'endroit même où elle se détruit et empêchent donc les rentrées d'air froid par les fenêtres. Cette disposition assure une très grande régularité de température





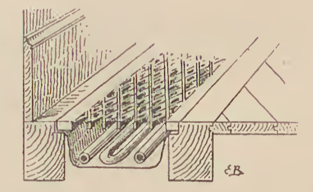


Fig. 1462, 1463, 1464. — Tuyaux posés en plinthes et en parquet.

dans les pièces. Ils peuvent être disposés de différentes manières : le système le plus économique, surtout dans les maisons construites, consiste à les faire courir le long des plinthes (fig. 1462).

On peut encore les cacher derrière une plinthe en tôle perforée. La différence d'épaisseur entre les plinthes en tôle et en bois, le grattage de l'enduit, permettent de ne pas faire plus de saillie qu'une plinthe ordinaire (fig. 1463).

Enfin on peut les faire passer sous des grilles, dans l'épaisseur des lambourdes (fig. 1464).

Si les tuyaux sont réunis en forme de serpentins, on peut les renfermer dans des meubles en fer ou en bois, placés dans les angles des pièces, les embrasures des fenêtres, et qui sont munis de bouches s'ouvrant et se fermant à volonté, pour augmenter ou diminuer la chaleur dans la pièce (fig. 1465) ; enfin on peut utiliser ces serpentins au chauffage des assiettes dans les salles à manger, du linge et de l'eau dans les cabinets de toilette, des réservoirs (fig. 1466), etc.

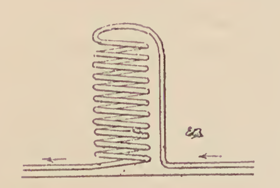


Fig. 1465. — Serpentin.

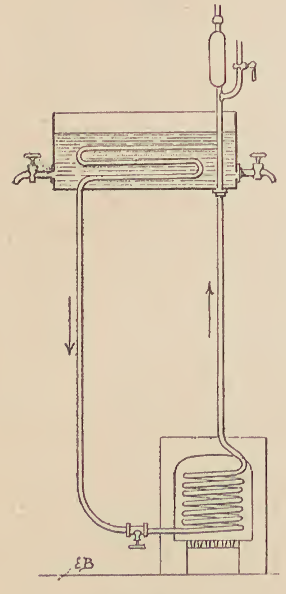


Fig. 1466.
Chaudière. — Serpentin.

On peut encore mettre ces serpentins en communication avec l'air pur extérieur, qui arrive alors dans la pièce après s'être chauffé préalablement à une douce température.

CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR

Le chauffage à vapeur est à recommander dans les habitations où il peut être appliqué là où un chauffage à l'eau chaude présenterait des inconvénients graves par suite des fuites qui peuvent se produire. Il est indiqué partout où on emploie une machine à vapeur dont l'échappement peut être utilisé sans grande dépense de force.

On a employé le chauffage à haute pression, mais on y a bien vite renoncé par suite des accidents causés par l'explosion des générateurs, des conduites ou des appareils, une négligence pouvant avoir les résultats les plus graves.

Le seul système employé actuellement est le chauffage à basse pression, qui ne présente aucun danger et qui est susceptible de porter la chaleur à des distances considérables. C'est de celui-là seul que nous nous occuperons.

D'une manière générale, un chauffage à vapeur à basse pres-

sion consiste en la production de vapeur dont la pression varie de 1 à 3 dixièmes de kilogramme par centimètre carré.

La vapeur est produite par un générateur placé en contre-bas des surfaces de chauffe, de manière que les eaux de condensation produites par le refroidissement de la vapeur reviennent par une conduite de retour se déverser dans la chaudière pour être de nouveau vaporisées.

La vapeur, dans ce genre de chauffage, ne dépasse pas une température de 106° centigrades.

La chaudière peut être conduite par une personne quelconque ; le décret du 1er mai 1880, relatif aux appareils à vapeur, la classe dans la troisième catégorie. Elle peut donc être placée dans n'importe quel endroit des locaux habités, à la seule condition que le foyer soit éloigné des murs des maisons voisines de $0^m,50$ au moins.

Nous ne pouvons examiner les nombreux systèmes de chauffage à basse pression, tous comportent une conduite d'aller et une conduite de retour. Nous nous contenterons de donner quelques notes sur le chauffage Hamel que nous avons plus spécialement étudié.

Le mode de chauffage que nous examinons se distingue des autres systèmes employant la vapeur par l'absence de conduite descendante. L'aller et le retour se font dans le même conduit.

En réalité, il n'y a pas circulation proprement dite, mais injection continue de la vapeur dans tous les tuyaux et appareils. La vapeur introduite transmet aux appareils radiateurs ou autres la majeure partie de la chaleur qu'elle véhicule, puis se condense, retombe en eau, et est immédiatement remplacée par de la vapeur nouvelle.

Il résulte de l'emploi d'une conduite unitaire la nécessité de débarrasser immédiatement la conduite de l'eau de condensation, qui, si elle séjournait, gênerait le passage de la vapeur et diminuerait la surface de chauffe de toute la superficie qu'elle occuperait.

Pour assurer cette évacuation immédiate, M. Hamel n'emploie que des conduites verticales et, accidentellement seulement, des branchements suivant une pente d'au moins $0^m,01$ par mètre pour assurer l'écoulement des eaux de condensation.

Une brève description de l'ensemble fera d'ailleurs comprendre le système.

D'un générateur de vapeur placé dans un endroit quelconque du sous-sol, mais autant que possible sur la périphérie, part une conduite en fer d'un diamètre variant de $0^m,026$ à $0^m,040$, suivant l'importance de l'installation. Cette conduite monte

verticalement jusqu'au plafond, puis se coude et, par une pente de $0^m,01$ par mètre, contourne le sous-sol et va rejoindre la base de la chaudière, à laquelle elle restitue l'eau provenant de la vapeur condensée.

De cette ceinture ou conduite de distribution partent verticalement les colonnes montantes, sur chacune desquelles on peut, à chaque étage, placer une surface de chauffe, radiateur, colonne ou batterie.

Chaudière. — La chaudière est composée de sections ou anneaux de fonte que l'on assemble en les superposant. A l'intérieur de ces anneaux, ondulés pour développer une plus grande surface de chauffe, est suspendu le magasin de combustible.

A l'extérieur est placée une enveloppe en tôle garnie intérieurement d'amiante, ce qui empêche la chaleur de la chaudière de se répandre dans les sous-sols.

Le fonctionnement est réglé par un régulateur qui active ou modère la combustion, suivant le nombre des appareils de radiation fonctionnant.

Les chaudières sont munies, à leur partie supérieure, de deux soupapes de sûreté se soulevant à un demi-kilo de pression ; il ne peut donc y avoir, dans la chaudière, de pression supérieure à 0 k. 500, et tous les appareils sont essayés à 8 kilos.

Circulation de fumée. — L'utilisation du combustible, pour la production de vapeur, est aussi complète que possible. L'eau est divisée en lames très minces et soumise de toutes parts à l'action de la chaleur des gaz par une triple circulation que suivent ceux-ci.

Alimentation d'eau. — La perte d'eau est, dans ces chaudières et canalisations fermées, extrêmement faible et ne peut guère se produire qu'en cas de fuite dans la tuyauterie.

La chaudière est munie d'un tube en verre permettant de vérifier à tout moment si l'eau atteint le niveau voulu. En cas de baisse de niveau, la chaudière étant desservie par l'eau de la ville, il suffit d'ouvrir un robinet pour que cette eau, dont la pression est toujours supérieure à celle de la vapeur, entre dans la chaudière et rétablisse le niveau nécessaire.

Sous le foyer, le cendrier est disposé en bassin et est alimenté automatiquement d'eau par un robinet flotteur. Les escarbilles s'éteignent en tombant dans la nappe d'eau. Cette eau, en se vaporisant, doit être favorable à la conservation des barres dentées formant la grille.

Grille. — La chaudière est munie d'une grille articulée dont le décrassage s'opère au moyen d'un levier. Il suffit de faire osciller légèrement ce levier pour débarrasser la grille des cendres, scories ou escarbilles qui gêneraient le tirage ; pour renverser le feu, on abaisse complètement le levier ; les dentelures des barreaux prennent une position verticale et laissent ainsi de grands espaces libres qui livrent passage au combustible, lequel vient alors tomber dans le cendrier, où il s'éteint.

Régulateur. — Le régulateur est une sorte de bouteille à double fond qui se place sur la chaudière et communique avec elle. La vapeur, pénétrant dans le régulateur, se condense ; l'eau remplit le cylindre intérieur et se trouve refoulée par la pression dans la calotte hémisphérique inférieure du régulateur proprement dit. Au-dessus de cette calotte se trouve un diaphragme en caoutchouc, sur lequel repose un piston.

La tige de ce piston est guidée par une calotte hémisphérique placée sur la première, et elle actionne un levier dont le point fixe est articulé.

Une chaîne commande la porte de tirage (introduction d'air sous foyer) ; l'autre chaîne se divise en deux parties, dont l'une commande le registre placé dans le tuyau de fumée, et dont l'autre commande la porte de coupe-tirage placée à l'arrière de la chaudière.

Fonctionnement du régulateur. — Supposons que la chaudière soit attelée à une vingtaine de radiateurs en fonctionnement et qu'elle produise normalement la quantité de vapeur suffisante pour l'alimentation de ces appareils.

Si alors on vient à fermer, par exemple, dix de ces radiateurs, la quantité de vapeur fournie par la chaudière devient trop considérable ; la pression à l'intérieur de la chaudière tend à s'élever ; la pression à la partie inférieure du diaphragme de caoutchouc devient plus grande ; l'action du piston devient plus importante que celle du contrepoids placé sur le levier du régulateur ; ce levier s'élève, la chaîne se détend, et la porte d'introduction d'air sous le foyer se ferme.

Si la fermeture de cette porte n'est pas suffisante pour faire tomber la pression à la pression de régime, le levier continue son mouvement et ferme d'abord le registre qui est placé dans le tuyau de fumée.

Si cette deuxième action est encore insuffisante, le levier continuant son mouvement, la chaîne ouvre la porte de coupe-

tirage ce qui détermine une entrée d'air frais dans le tuyau de fumée, et la pression tombe immédiatement.

Si, maintenant, nous supposons le cas inverse, c'est-à-dire que, dix radiateurs se trouvant alimentés par la chaudière, on vienne à ouvrir dix autres appareils, la quantité de vapeur fournie par le générateur se trouve insuffisante et il y a tendance à un abaissement de pression. La poussée à la partie inférieure du diaphragme, devenant plus faible, est vaincue par l'effort du contre-poids placé sur le levier ; la partie postérieure du levier s'abaisse ; la porte du coupe-tirage se referme ; le registre placé dans le tuyau de fumée se lève, et enfin la chaîne se tendant de nouveau, ouvre la porte de tirage, et l'air vient activer la combustion.

Une disposition ingénieuse permet aussi d'éviter les retours de flammes au moment du chargement du combustible :

L'ouverture de la porte de chargement placée à la partie supérieure de la chaudière, détermine, au moyen d'une petite bielle l'ouverture d'un registre placé dans un tuyau qui fait communiquer directement la première circulation des flammes avec le tuyau de fumée, la porte de chargement étant ouverte. Le tirage est donc direct sur le tuyau de fumée, et aucun retour ne se produit.

Conduites. — La conduite entourant le sous-sol constitue une sorte de nourrice sur laquelle viennent se piquer les colonnes montantes auxquelles elle distribue la vapeur. De même, elle reçoit les eaux de condensation provenant des mêmes colonnes.

Comme nous l'avons vu, cette conduite doit avoir une pente de $0^m,01$, pour permettre aux eaux de condensation de revenir promptement à la chaudière.

De la nécessité d'incliner cette conduite il résulte parfois que le tuyau vient couper dans sa hauteur une baie ou passage. Pour obvier à cet inconvénient, le constructeur établit en avant de la baie une purge d'eau, puis remonte la canalisation jusqu'au plafond, par une partie verticale, pour reprendre ensuite l'inclinaison d'écoulement.

Cette purge conduit l'eau dans la canalisation générale de retour d'eau, placée en bas ou même sous le sol à une profondeur quelconque. Cette canalisation se remplit d'eau, et, quand le niveau est arrivé à une hauteur suffisante au-dessus du niveau de l'eau dans la chaudière pour vaincre la perte de charge, cette eau rentre à nouveau dans la chaudière.

Pour la conduite principale, afin d'éviter de chauffer les

caves qu'elle traverse et aussi d'empêcher une déperdition, on l'isole au moyen d'une enveloppe non conductrice de la chaleur, bourre de soie, laine ou autre.

Les colonnes montantes sont branchées sur la conduite nourrice; il en faut une par appareil ou par série d'appareils superposés aux différents étages.

Cette quasi-nécessité de faire la distribution par des conduites verticales présente un inconvénient, par exemple dans le cas d'un rez de-chaussée presque entièrement libre, au-dessus duquel sont distribués des appartements. On est alors forcé parfois de recourir à des branchements inclinés, mais il n'y a là en somme qu'un petit problème dont la solution est facile ; il y a toujours des points d'appui contre lesquels on pourra fixer les conduites, et, les surfaces de refroidissement étant les parois sur rue ou sur cour, il sera toujours rationnel de mettre les surfaces de chauffe sur ces mêmes parois.

Pour faciliter les réparations, ou permettre la suppression de chauffage d'une colonne montante, chacune de ces colonnes porte à son départ, c'est-à-dire immédiatement au-dessus de la conduite nourrice, un robinet d'arrêt qui, étant fermé, empêche l'introduction de la vapeur. Dans ce cas, tous les appareils des différents étages, branchés sur cette colonne, se trouvent refroidis.

Si l'on voulait pouvoir chauffer séparément et permettre aussi de ne supprimer le chauffage qu'à un seul des étages en cas de réparations, il faudrait autant de colonnes montantes qu'il y a d'étages et d'appareils superposés, ou bien changer la distribution et la remplacer par une colonne montante générale partant de la chaudière et sur laquelle on brancherait à chaque étage une canalisation presque horizontale (1 centimètre par mètre de pente) qui distribuerait la vapeur dans chaque appartement.

En mettant un robinet à l'origine de chacun de ces branchements horizontaux, on réglerait à volonté le chauffage par étages successifs.

Cependant, nous devons dire que l'inconvénient provenant de l'extinction à tous les étages n'existe que lorsque des réparations sont nécessaires, mais qu'en dehors de cette éventualité, que rien (dans la manière dont sont établies les installations que nous avons visitées) ne fait prévoir, on peut supprimer le chauffage d'un ou de tous les appareils d'un appartement (dans le cas de non-location, par exemple) sans gêner en rien le fonctionnement des appareils des autres appartements ou étages.

C'est ce que nous démontrerons en parlant des appareils, radiateurs ou autres.

Les conduites verticales sont de petit diamètre, 0m,032 intérieur et 0m,040 extérieur au plus. Elles peuvent être facilement dissimulées dans des gaines ou des petites tranchées dans l'épaisseur des murs.

Les joints des tuyaux sont faits de la manière suivante :

Les extrémités des tubes à joindre sont filetées en sens inverses et fraisées à l'intérieur et à l'extérieur de manière à former couteau. On place dans le manchon une bague en cuivre et on l'engage sur les deux tubes à réunir ; on rapproche ainsi les tubes en les obligeant à pénétrer dans la rondelle, ce qui forme un joint parfait que vient encore compléter l'enduit de céruse dont les parties filetées ont été garnies au préalable.

Les colonnes montantes pouvant atteindre d'assez grandes longueurs, il y a lieu de tenir compte de la dilatation du métal.

La dilatation linéaire du fer, pour une différence de tempéde 0 à 100°, est de 0m,001235 par mètre. Si nous supposons une colonne de 15 mètres, nous aurons 0m,001235 $\times$ 15 = 0m,018525, soit environ 18 millimètres 1/2.

On voit que cet allongement ne saurait être négligé, qu'on en doit tenir compte, et qu'il faut laisser aux tuyaux la liberté d'extension et de contraction nécessaire. Pour cela on emploie différents moyens : rondelles compensatrices (élastiques), tuyaux de compensation et presse-étoupe.

C'est ce dernier système qu'emploie M. Hamel, et c'est en effet celui qui convient le mieux dans le cas particulier.

La différence que produit la dilatation entre le presse-étoupe et un appareil est compensée par l'élasticité du branchement qui relie l'appareil à la colonne.

La verticalité des conduites nous paraît présenter un certain avantage au point de vue de l'étanchéité. En effet, il doit y avoir moins de chances de filtration dans un joint vertical où l'eau ne séjourne pas, — comme dans un tuyau de descente, — que dans le joint d'une canalisation presque horizontale, où l'eau peut parfois séjourner. (La conduite nourrice, seule, se rapproche de l'horizontale ; mais, comme elle est toujours en sous-sol, les fuites, s'il s'en produit, ne peuvent avoir d'inconvénients sérieux.)

Appareils. — Le chauffage des locaux par la vapeur peut se faire de deux manières différentes : par radiation directe, c'est-à-dire avec surfaces apparentes chauffant l'air de la pièce, ou par radiation indirecte, disposition dans laquelle les sur-

faces de chauffe non apparentes chauffent dans une chambre de chaleur de l'air pris à l'extérieur et introduit dans la pièce par des bouches de chaleur.

Examinons les différents cas :

Le chauffage par radiation directe est le plus simple et le plus économique tant au point de vue de l'installation qu'à celui de l'entretien. L'utilisation de la chaleur véhiculée par la vapeur est, dans ce cas, aussi complète que possible. La condensation se passe entièrement dans l'appareil, qui transmet ainsi par contact toute la chaleur à l'air de la pièce ou, par radiation, aux personnes et aux objets.

Un défaut, commun du reste à tous les systèmes de chauffage employant des appareils à radiation directe, est qu'on chauffe, sans renouvellement assuré, l'air de la pièce où est installé le radiateur, et que cet air peut être déjà vicié.

Par contre, le réglage du chauffage est d'une grande simplicité. En effet, un radiateur peut donner une température quelconque entre 0° et le maximum prévu. Il suffit pour cela de n'introduire dans l'appareil que la quantité de vapeur nécessaire pour produire la température désirée et de remplir le reste par de l'air destiné à limiter l'introduction de la vapeur.

Voici comment les choses se passent :

Supposons que le radiateur a été fermé, c'est-à-dire qu'on a fermé le robinet d'arrivée de vapeur.

La vapeur contenue dans l'appareil se condense et le vide se fait. On ouvre alors le robinet d'air et l'appareil, vide, aspire l'air et se remplit.

Si à ce moment on ouvre le robinet de vapeur, celle-ci s'introduit dans l'appareil en chassant l'air devant elle. On peut donc arrêter cette introduction à un point quelconque en fermant le robinet d'air, et régler ainsi la quantité de vapeur et, par conséquent, la température.

Le chauffage par radiation indirecte est constitué soit par une batterie de tuyaux à ailettes ou par des colonnes ou tuyaux munis de nervures longitudinales.

Dans le premier cas, la batterie est placée dans une chambre de chaleur, qui est munie d'une prise d'air à l'extérieur.

De cette chambre de chaleur partent des conduits pratiqués dans l'épaisseur des murs et qui conduisent l'air chauffé au contact des surfaces aux divers étages, où il se dégage par des bouches comme dans le chauffage à air chaud.

Il importe de soigner la construction de la chambre de chaleur pour éviter une déperdition. Pour cela, on doit l'établir en matériaux peu conducteurs et avec une épaisseur suffisante.

Dans le deuxième cas, chauffage par colonnes, les tuyaux sont disposés verticalement, sur une ou plusieurs rangées suivant l'importance du chauffage, dans les gaines pratiquées lors de la construction du bâtiment dans l'épaisseur des murs, ou, dans le cas de constructions anciennes, dans des coffres adossés aux murs.

Ces gaines règnent sur toute la hauteur du bâtiment et sont divisées à chaque étage par une cloison horizontale en briques. Entre deux cloisons successives, on forme ainsi une chambre de chaleur qui fait communiquer à sa partie inférieure avec l'air extérieur et à sa partie supérieure avec la pièce à chauffer.

L'air froid entrant par la prise d'air de la chambre de chaleur s'échauffe au contact des colonnes et vient sortir par la bouche de chaleur.

Le chauffage par radiation indirecte semble tout d'abord meilleur, parce que l'air chaud qu'il donne est un air pur, pris à l'extérieur, chauffé, puis introduit dans la pièce. Mais si l'on tient compte que l'air chaud ainsi amené est à une température plus élevée que celle qui convient aux organes de la respiration, que cet air peut véhiculer des impuretés amassées dans les gaines, et qu'enfin le degré d'hydrométricité nécessaire de l'air peut être compromis par un surchauffage, on est peut-être amené à penser que la solution préférable est un chauffage à radiation directe complété par une ventilation entièrement indépendante.

A signaler aussi les inconvénients de la radiation indirecte consistant en la nécessité de gaines, de bouches de chaleur qui rendent l'établissement du chauffage plus cher. De plus, on n'a comme moyen de suppression de chauffage que la fermeture du robinet placé avant l'entrée de la chambre de chaleur, et alors on le supprime partout, ou bien la simple fermeture des bouches de chaleur.

On voit qu'à ce point de vue le chauffage par radiateurs apparents offre de sérieux avantages, puisqu'on a une utilisation plus complète, que chaque surface de chauffe supprimée agit sur la production de vapeur et, par suite, sur la consommation du combustible.

Consommation approximative de combustible. — Dans les maisons d'habitation ordinaires, la surface de chauffe en radiateurs alimentés par la vapeur à basse pression qu'il est nécessaire de placer est de 1 mètre carré par 50 mètres cubes. En supposant, par exemple, une habitation cubant 5000 mètres,

la surface de chauffe à placer serait d'environ 100 mètres carrés.

Or, chaque mètre de surface de chauffe condense environ 2 kilos de vapeur à l'heure, soit, pour l'habitation que nous prenons pour exemple, une condensation totale de 200 kilos de vapeur. Les chaudières de M. H. Hamel ayant un rendement de 10 kilos environ de vapeur par kilogramme de combustible brûlé, cette quantité totale de vapeur nécessiterait donc une dépense de 20 kilos de charbon par heure, soit une dépense maximum, par jour, de 480 kilos.

On compte, en général, que la dépense moyenne, pour toute la durée d'un hiver, est du tiers à la moitié de la dépense calculée.

En prenant la consommation horaire maximum et en l'appliquant à toute la durée du chauffage, on peut admettre que la consommation moyenne, par heure, est de 7 ou 10 kilos, et, par jour, de 170 à 240 kilos, ce qui fait environ 0 k. 034 ou 0 k. 048 par jour et par mètre cube chauffé.

Combustibles à employer. — Dans le cas de chaudière à magasin, c'est-à-dire à chargement continu, il est nécessaire de n'employer que des charbons maigres anthraciteux, ou, mieux encore, des anthracites purs.

Il faut, en effet, pour que la descente du combustible dans le réservoir s'opère régulièrement, de manière que le charbon frais vienne au fur et à mesure remplacer sur la grille le charbon brûlé, que le combustible ne soit pas gazeux et ne colle pas.

Il faut, en outre, qu'il ne se forme pas de mâchefers, car ceux-ci, restant sur la grille, ne tarderaient pas à obstruer le passage de l'air, et le feu s'éteindrait.

Dans le cas de chaudières à chargement discontinu, on peut brûler à peu près tous les combustibles : bois, charbons gras, etc.

Le système de chauffage dont nous parlons ne s'oppose en rien au transport de la chaleur à grande distance ; de même, on peut obtenir de l'eau chaude, chauffer un bain ou employer la vapeur à un usage quelconque.

Prix de revient. — Une question très intéressante était celle du prix de revient, et nous avons demandé à M. Hamel de nous fournir quelques prix d'installations complètes (moins les percements et tous travaux qui ne font pas partie intégrante

du chauffage proprement dit), avec les cubes approximatifs chauffés. En voici la liste :

	mètres cubes.	fr.
Santes.	500	3 150
Rue Caulaincourt.	1 000	4 825
Saint-Maurice	1 000	4 450
Boulevard Montmartre	1 500	6 700
Rue François Ier	1 770	5 500
Saint-Maurice	5 000	9 800
Sens	5 000	15 000
Rue Montmartre	25 000	19 000

Si l'on additionne ces chiffres, on trouve 40 770 mètres cubes chauffés à + 18° par — 5° extérieur pour 68 425 francs, soit environ 1 fr. 58 par mètre cube.

Mais il est évident que le prix d'un chauffage est variable suivant les conditions d'établissement : disposition des locaux, mode de construction, importance des surfaces de refroidissement, et enfin la température que l'on veut obtenir.

Ceci est tellement vrai, que dans la liste ci-dessus, si nous prenons deux exemples de même cube, ceux de 5 000, nous trouvons que le prix de revient est pour Saint-Maurice de 1 fr. 96 par mètre cube, alors que Sens donne 3 fr. 80.

Les prix sont d'ailleurs toujours établis à forfait par les constructeurs pour chaque cas particulier ; mais comme prévision, pour établissement d'un devis estimatif, on pourra toujours compter sur une dépense de 3 francs à 3 fr. 50 par mètre cube chauffé, et cela pour système quelconque.

CHAUFFAGE AU GAZ

L'emploi du gaz pour le chauffage des appartements et des serres peut rendre de grands services quand il est appliqué d'une manière judicieuse, et en faisant usage de bons appareils.

Il faut d'une façon générale que les appareils soient munis de tuyaux de dégagement, sans lesquels ils vicieraient l'air et donneraient naissance à des dépôts de buée humide qui altéreraient les papiers de tentures, les couleurs, les dorures, etc. Ces inconvénients disparaissent dans certains appareils à condensation étudiés d'une façon spéciale.

Les appareils de chauffage au gaz, pour les appartements et locaux quelconques, suppriment l'emmagasinage du combustible, le transport aux étages supérieurs, les inconvénients de

la suie, des cendres, des copeaux, des pincettes, de la fumée, tout l'attirail encombrant et salissant du chauffage au bois, à la houille ou au coke.

Le gaz peut aussi être employé comme force motrice. Les moteurs Lenoir, Crossley, Otto, Niel, etc., conviennent admirablement à beaucoup d'industries; ils ne présentent aucun danger d'explosion, puisqu'ils n'ont pas de chaudière ; ils ne nécessitent ni mécanicien ni mise en pression, ils sont toujours prêts à donner de la force et cessent immédiatement de consommer dès qu'ils ne travaillent plus; pas de cheminée spéciale, pas d'approvisionnement de combustible et enfin aucune formalité à faire pour leur installation, qui n'est soumise à aucun règlement autre que celui des compagnies de gaz. Ces moteurs prennent fort peu de place, ainsi, par exemple : un moteur d'un demi-cheval occupe une surface de 1 mètre carré, un cheval prend $1^{m2},60$, deux chevaux $1^{m2},80$ environ.

Un kilogramme de gaz fournit en brûlant 10 000 calories, forme un kilogramme d'acide carbonique (2 mètres cubes environ) et 2 kilogrammes de vapeur d'eau (ou $3^{m3},200$ environ). On conclut de cela que 1 mètre cube de gaz, pesant $0^{kg},68$ en moyenne, peut élever de 20° la température de 1 000 mètres cubes d'air si sa chaleur est complètement utilisée.

Pour se trouver dans de bonnes conditions, c'est-à-dire pour que la proportion d'acide carbonique dans l'air ne dépasse pas un centième, il faut disposer par mètre cube de gaz brûlé de 120 mètres cubes d'air environ.

Cheminées à gaz. — Comme dans les cheminées ordinaires, on utilise seulement la chaleur rayonnante de la flamme ; celle des produits de la combustion est presque entièrement perdue dans la cheminée d'appel.

Dans beaucoup d'appareils, on fait arriver le gaz dans une bûche en fonte percée de trous et placée sur des chenets comme une bûche ordinaire ; cette bûche est garnie de brindilles d'amiante qui rougissent et simulent un feu de bois. On a soin de faire brûler le gaz à la flamme blanche, parce qu'elle est plus claire et donne plus de chaleur. Une bûche brûle, d'après M. Germinet :

N° 1 de $0^m,28$ sur $0^m,20$	de profondeur	et $0^m,19$	de hauteur,	700 litres
— 2 — $0^m,38$ sur $0^m,23$	—	$0^m,20$	—	1 000 —
— 3 — $0^m,45$ sur $0^m,25$	—	$0^m,23$	—	1 400 —
— 4 — $0^m,55$ sur $0^m,33$	—	$0^m,25$	—	2 000 —

Le diamètre du tuyau d'arrivée de gaz est proportionné au débit et est de :

Pour un débit de	1000	litres,	diamètre de	$0^m,020$
—	600	—	—	$0^m,015$
—	400	—	—	$0^m,013$

Naturellement, ces tuyaux exposés à une température assez haute — au moins près de l'appareil — ne peuvent être faits en plomb, mais bien en fer étiré ou en cuivre, métaux qui sont beaucoup moins fusibles.

Dans ces cheminées, la bûche et la conduite de gaz forment tout l'appareil, mais il convient cependant de le compléter pour lui assurer un rendement de chaleur plus grand, et pour cela on loge la bûche dans une coquille, qui, elle, rayonne la chaleur reçue et qu'on peut encore rendre plus efficace en s'en servant comme des appareils que nous avons étudiés pour les cheminées ordinaires, le système Joly par exemple ; c'est-à-dire qu'on peut chauffer de l'air frais amené de l'extérieur en le mettant en contact avec la coquille et une certaine longueur du tuyau d'évacuation avant de le répandre dans la pièce par des bouches de chaleur latérales.

Un appareil très employé est celui à foyer en cuivre poli à facettes ; c'est le foyer Jacquet. La forme du réflecteur dirige le rayonnement vers le bas ; le gaz brûle sur une rampe placée en haut et masquée par le manteau. Il peut y avoir à ces foyers une circulation d'air et des bouches de chaleur comme dans le cas précédent.

D'après M. Germinet, dans une pièce de 45 mètres cubes, à deux fenêtres et de $3^m,50$ de hauteur, il faut, pour porter la température de 0° à 15°, brûler d'abord 720 litres de gaz ; puis, pour maintenir la température, 381 litres par heure.

Poêles à gaz. — Les poêles les plus simples se composent d'un cylindre en tôle ou en fonte simplement munis d'une arrivée de gaz et d'un certain nombre de brûleurs. Alors il n'y a pas de chaleur perdue, mais les produits de la combustion se mélangent à l'air, et tout en contribuant à le chauffer, le vicient. Les poêles à gaz — comme tous les autres appareils d'ailleurs — doivent être munis d'un tuyau d'évacuation, cependant nous devons citer le modèle de M. Delafollie qui n'a pas de tuyau et répand peu ou point d'odeur. Le gaz employé dans ce poêle n'est pas additionné d'air, il brûle comme un bec d'éclairage ; de ce fait il ne produit pas plus de gaz délétère qu'un bec papillon

disposé pour l'éclairage, et il n'est pas nécessaire d'employer un tuyau d'évacuation des produits de la combustion.

Il est construit comme un poêle à coke avec double paroi ; l'enveloppe intérieure cylindrique est garnie de trois cloisons perforées en terre réfractaire ; la cloison inférieure est placée assez haut pour que la flamme des becs ne puisse l'atteindre et produire du noir de fumée ; les deux autres, espacées dans la hauteur disponible, forment chicanes et servent à retenir la chaleur produite par les becs papillons.

Il en résulte un échauffement très grand de l'enveloppe intérieure, qui porte à son tour à une température élevée la gaine d'air extérieure et la seconde enveloppe. D'après les expériences l'ensemble de ces surfaces de chauffe permet une bonne utilisation du gaz et son influence se traduit par une augmentation de température de 8°, deux heures après l'allumage, dans une pièce cubant 49 mètres.

La dépense de gaz en une heure est de 330 litres, sous une pression de 25 millimètres ; on peut d'ailleurs la limiter à son gré au moyen soit du robinet, soit d'un régulateur.

Mais nous le répétons, il est toujours mauvais de se servir d'un appareil sans tirage, le brasero n'est admissible qu'en plein air, et même pour un bon poêle à gaz, il faut un tuyau d'évacuation.

CHAUFFAGE DES SERRES

Tous les systèmes de chauffage que nous venons de passer en revue ont été appliqués aux constructions vitrées dans lesquelles on cultive des plantes originaires d'autres climats.

Il est certains modes de chauffage qu'il y a lieu de proscrire d'une façon absolue. C'est le cas du chauffage à air chaud, par exemple. En effet les bouches de chaleur étant forcément localisées, l'air chaud arrive en ces mêmes points ; on obtiendra donc déjà difficilement l'homogénéité des températures ; on sait en outre que l'air, pour circuler dans les conduits, doit être à une température d'au moins 60 à 70° (et avoir une inclinaison minimum de $0^m,02$ par mètre). A cette température, l'air devient sec et a une action irritante sur les plantes, qu'il dessèche comme il dessécherait les poumons de l'homme.

Certains constructeurs, par raison d'économie, préconisent des appareils composés simplement d'une cloche en fonte où brûle le combustible et d'une série de tuyaux en tôle où circulent les produits de la combustion.

Ce mode de chauffage, un peu moins mauvais que le précédent, est cependant défectueux. Sa puissance est proportionnelle à la quantité de gaz circulant dans les tuyaux, laquelle dépend elle-même de la quantité de charbon en ignition sur la grille, et on sait que rien n'est plus variable.

Par l'examen et l'élimination de ces deux modes de chauffage, nous avons établi indirectement les qualités d'un chauffage de serre rationnellement construit.

1° La surface de chauffe devra être disséminée le plus possible dans la serre pour donner en tous points une grande égalité de température. Elle sera toujours placée sous les plantes ou sous les bâches, l'air échauffé ayant une tendance à monter;

2° La température des surfaces de chauffe ne devra pas être trop grande, pour que l'air qui vient à leur contact ne soit pas surchauffé et ne puisse nuire ensuite aux plantes;

3° Le chauffage devra être combiné de telle façon que, dans le cas d'une extinction du foyer pendant la nuit, la chaleur ne vienne pas à disparaître avec trop de rapidité.

La condition n° 1 amènera à employer des tuyaux d'assez petit diamètre, environ $0^{m},10$, de façon que la surface de chauffe soit répartie sur la plus grande longueur possible.

La condition n° 2 fera circuler dans les tuyaux de l'eau chaude à la pression atmosphérique ou de la vapeur à basse pression.

Ces deux fluides donnent l'un et l'autre des températures voisines de 100°, l'eau un peu moins, la vapeur un peu plus. L'eau et la vapeur ne devront cependant pas être employées indifféremment. La vapeur conviendra aux grandes installations. Elle est d'un emploi économique, mais nécessite l'adjonction d'appareils accessoires, tels que purgeurs, détendeur de pression, robinets d'arrêt, et en un mot d'éléments d'un fonctionnement et d'un entretien délicats. Un homme compétent, un mécanicien, est donc nécessaire dans une semblable installation.

Si, au contraire, le chauffage est à eau chaude, la tuyauterie est des plus simples, un circuit sans fin, allant de la chaudière à un vase ou récipient d'expansion, et réciproquement, comme nous l'avons vu plus haut pour les chauffages à eau chaude à basse et à haute pression.

La condition n° 3 est remplie par les deux systèmes à eau et à vapeur puisqu'il y a emmagasinage d'une certaine quantité de chaleur qui serait restituée lentement après l'extinction du foyer.

Dans les deux cas, c'est l'eau chaude qui est, comme on le

sait, le corps de plus grande capacité calorifique ; dans le cas de chauffage à vapeur, cette eau est contenue dans la chaudière qui, même après extinction du foyer, peut fournir une assez grande quantité de vapeur, surtout si la chaudière fonctionne à une moyenne pression.

Dans le cas de chauffage à eau, c'est l'eau contenue dans la chaudière, les tuyaux et enfin dans le récipient d'expansion qui, tout en se refroidissant, continue son mouvement de circulation.

Déperdition par les surfaces vitrées. — Le verre est un corps transparent qui laisse pénétrer la lumière et la chaleur qui en est la conséquence, mais qui, par contre, ne laisse pas repasser en aussi grande quantité en sens inverse la chaleur obscure produite par l'échauffement de l'air et des objets qui se trouvent à l'intérieur de la serre. Le verre, qui est diathermane à la chaleur rayonnante lumineuse et athermane à la chaleur rayonnante obscure, est donc l'élément le mieux approprié et le plus convenable dans le cas qui nous occupe.

Si l'on n'envisageait que ce phénomène, l'on devrait croire qu'il n'est pas besoin de chauffage artificiel, mais il faut tenir compte aussi de ce fait, que pour avoir une diathermanéité maximum, c'est-à-dire offrir le moins d'obstacle possible à la pénétration de la chaleur lumineuse, il faut employer des verres d'épaisseur très faible, soit de 3 à 4 millimètres. (On emploie généralemenent le verre dit *demi-double*, qui, sous l'épaisseur de 3 à 4 millimètres, résiste suffisamment à la neige et à la grêle dans nos climats.)

Or, ces verres, en raison de leur faible épaisseur, sont suffisamment bons conducteurs de la chaleur pour que la déperdition par conductibilité soit une cause importante de refroidissement.

Il y a de plus une deuxième cause de déperdition ; c'est celle produite par le renouvellement d'air, les plantes respirant comme tous les êtres animés ; donc, s'il y a renouvellement d'air, cet air doit être amené à une température suffisamment douce, pour que, au contact des plantes, il ne produise aucun refroidissement brusque des tissus.

Il y a enfin la déperdition par la conductibilité des parois en maçonnerie, négligeable dans la majeure partie des cas.

Péclet a démontré l'exactitude de la formule suivante, relative au refroidissement par conductibilité :

$$M = \frac{Q = (t - t')}{e}$$

Q étant un coefficient de conductibilité variable à chaque matière.

La quantité de $\frac{Q}{e}$ de 2,5 pour le verre et 1 pour un mur en brique de $0^m,22$ d'épaisseur.

M est proportionnel à la différence de température des milieux intérieur et extérieur, et inversement proportionnel à l'épaisseur de la matière.

Nous allons être amenés à conclure, par l'examen de cette formule, que :

1° Dans une serre, la déperdition par les surfaces vitrées est très grande et que nous pourrons, à très peu de chose près, négliger les déperditions par les maçonneries dont l'épaisseur n'est jamais moindre de $0^m,22$;

2° Que le chauffage devra être calculé spécialement suivant le climat de la région, t', température minimum de la nuit, étant une donnée des plus variables ;

3° Que le chauffage devra être également calculé suivant la nature des plantes élevées dans la serre, ou suivant que celle-ci est tempérée ou chaude, c'est-à-dire destinée à la conservation ou à la reproduction des plantes.

Pour les vitres d'épaisseur ordinaire, le coefficient $\frac{Q}{e}$ a été trouvé égal à 2,5 calories, c'est-à-dire que par mètre de surface vitrée, et par différence de température de 1 degré, il passe 2,5 calories par heure.

Connaissant donc $\frac{Q}{e} = 2,5$, t, température intérieure de la serre et dépendante de l'usage qu'on en fait, t', température extérieure dépendant du climat, on peut déterminer M, nombre de calories à fournir par mètre carré de surface vitrée. Multipliant ce nombre par S, surface totale vitrée, on en déduit la quantité totale de calories à fournir par heure.

Déperdition par renouvellement d'air. — Dans la saison d'hiver, c'est-à-dire pendant la période de chauffage, le renouvellement d'air est très faible ; on n'ouvre pas les châssis d'aération, et on trouve suffisant le renouvellement qui se fait par les jointures des vitres les unes sur les autres, et les joints des différentes armatures en fer. Si on estime que l'air se renouvelle deux fois par vingt-quatre heures, il sera facile, étant donnée la chaleur spécifique de 1 mètre cube d'air qui est de $0^{cal},300$, de conclure que cette quantité de chaleur est très petite par rapport à celle perdue par les vitres.

Il résulte de ces observations que si nous considérons une serre d'une surface vitrée de 100 mètres carrés, d'un volume de 60 mètres cubes et d'une surface de maçonnerie de 20 mètres carrés, la déperdition pour toutes les causes qui précèdent sera :

Déperdition par les vitres :	$100 \times 2{,}50 \times (t - t')$	$= 250\,(t - t')$
Déperdition par l'air renouvelé :	$\frac{60}{12} \times 0{,}3 \quad (t - t')$	$= 1{,}5\,(t - t')$
Déperdition par la maçonnerie :	$20 \times 1 \quad (t - t')$	$= 20\,(t - t')$
		Total $271{,}5\,(t - t')$

On pourra donc dans la pratique négliger largement les deux dernières causes en prenant pour la vitre un coefficient égal à 3, et on aura pour la serre citée plus haut, à fournir :

$$300\,(t - t') \text{ calories.}$$

Examen des quantités t et t'. — La température t dépend uniquement du climat de la région. Il suffira de consulter la moyenne des températures minimum de la nuit constatée dans une période de dix ans, et on basera les calculs sur cette donnée. A Paris cette température minimum est de — 15°.

Quant à la température t', elle dépend de l'usage de la serre et de la nature des plantes qu'on y renferme.

Comme nous l'avons dit, les serres se divisent en *serres tempérées* et en *serres chaudes*, chacune de ces dénominations renfermant elle-même plusieurs subdivisions.

Considérant toujours la façon dont nous avons évalué t, température extérieure, les serres tempérées doivent, par les temps les plus froids, pouvoir donner une température minimum de + 10°, les serres chaudes + 18°, les serres à orchidées et à ananas + 20°, et enfin les serres à multiplication + 25°.

Dans ces dernières, les surfaces de chauffe devront être disposées de telle sorte que la chaleur se trouve concentrée uniquement sous les bâches de multiplication et que le calorique rayonne le plus possible vers le dessous de la bâche ; on devra même, pour obtenir un meilleur résultat, fermer complètement le dessous de la bâche dans les endroits où la multiplication demandera le plus de calorique.

Ces différents points étant admis et connaissant la quantité de calories à produire dans l'unité de temps, c'est-à-dire dans une heure, nous allons examiner le chauffage à eau et à basse

pression, le chauffage à vapeur étant rarement employé, et déterminer la surface de chauffe nécessaire.

Le chauffage à eau chaude est dit à basse pression, parce que s'il se produit de la vapeur par un excès de puissance du foyer, cette vapeur peut immédiatement s'échapper, soit par le vase d'expansion, soit par les orifices, dits tubes d'air, ménagés à cet effet.

La température au départ ne pourra donc dépasser 100°; l'eau circulant dans les tuyaux se refroidit graduellement, et après un circuit plus ou moins long rentre à la chaudière à la température de 40 à 50°.

C'est cette différence de température du départ à l'arrivée qui a comme conséquence une différence de poids entre la colonne ascendante et la colonne descendante qui détermine le mouvement continu de l'eau dans les tuyaux.

La quantité de chaleur transmise par ces tuyaux est évidemment proportionnelle à la température de l'eau qui y est contenue ; or cette température, nous venons de la voir varier de 40 à 100°. Si la circulation était très longue sans revenir sur elle-même, cette variation de température aurait une grande influence, car il est évident que les 10 premiers mètres donneront une bien plus grande quantité de calories que les 10 derniers, mais par la disposition habituelle des serres, le tuyau d'aller et le tuyau de retour cheminent l'un à côté de l'autre ; il se fait une moyenne de compensation et nous pourrons donc admettre que, représentée par les deux courants inverses la température sera de $\frac{100 + 40}{2} = 70$ degrés.

On prend d'habitude 60°. et à cette température 1 mètre carré de tuyaux en fonte ou en cuivre donne 400 calories par mètre carré et par heure.

Connaissant M, nombre de calories que nous avons calculé déjà, et le diamètre des tuyaux qui est de $0^m,10$, on en déduira facilement la longueur totale de la conduite.

Nous avons parlé plus haut du vase d'expansion ; on lui donne généralement trop peu d'importance ; il a en effet un double but :

1° De donner à l'eau chaude un espace pour se dilater librement ;

2° De fournir à l'ensemble du chauffage un supplément d'eau chaude, qui, à un moment donné, empêchera le refroidissement ; il jouera donc le rôle de volant dans l'accumulation du calorique, comme le volant circulant dans l'accumulation de la force mécanique.

Tuyaux. — Nous avons dit que les tuyaux se faisaient en fonte, en cuivre ou en fer. La fonte employée a généralement 6 à 7 millimètres d'épaisseur, elle est de couleur noire ou tout au moins grisâtre.

Le cuivre a $0^{m},001$ à $0^{m},001$ et demi d'épaisseur et est brillant.

On sait que la couleur a une influence dans le rayonnement de la chaleur ; un métal poli rayonne mieux qu'un métal terne ; d'autre part, l'air circulant autour d'un corps chaud glissera davantage si ce corps est poli, tandis que s'il est rugueux, il y adhérera davantage et lui prendra plus de chaleur dans le même temps si le contact est plus intime.

Mais la somme de chaleur transmise par rayonnement et par contact est sensiblement la même dans les deux cas. Considérons une serre tempérée, destinée à l'emmagasinement des plantes en hiver. Ce que nous devons y chercher avant tout, c'est une égalité de température en tous les points de la serre ; cette égalité ne sera obtenue que si la plus grande quantité d'air possible vient s'échauffer au contact des tuyaux, et va ensuite répandre son calorique en se mélangeant dans les parties les plus froides.

La fonte a donc son emploi, et comme elle présente une sérieuse économie sur les tuyaux en cuivre, elle est dans ce cas préférable à tous les points de vue.

Considérons au contraire une serre chaude.

Nous avons vu que, pour multiplier, il faut envoyer sous la bâche le plus de chaleur possible pour que la racine des plantes soit à une température suffisante, il faut que le tuyau rayonne.

Le cuivre poli est indiqué là de préférence à la fonte.

Le coefficient de conductibilité est sensiblement le même pour la fonte et le cuivre et plutôt à l'avantage de ce dernier ; les différences de chaleur transmises ne sont dues qu'aux modes de transmission différents : par rayonnement ou par convection.

En fer les tuyaux sont faits en tubes étirés et de diamètres divers, puisque dans le chauffage à eau chaude à haute pression dont nous avons parlé, les tuyaux n'ont que $0^{m},012$ de diamètre intérieur et $0^{m},027$ de diamètre extérieur.

Fig. 1467.
Tuyau composé.

Nous avons connaissance d'un système de tuyau composé de deux fers Zorès rivés étanches et formant la section que nous indiquons (fig. 1467).

Chaudières. — Les chaudières se font en cuivre, en tôle ou en fonte.

On a étudié d'une manière approfondie la façon dont une chaudière peut s'user.

C'est premièrement par un coup de feu, c'est-à-dire quand l'eau de la chaudière vient à manquer, ou que par un cantonnement de vapeur sur une paroi exposée au feu, la matière vient à se gondoler, à se ronger et enfin à brûler.

Deuxièmement, par l'accumulation du tartre à l'intérieur de la chaudière, la paroi métallique n'étant plus refroidie subit le même phénomène que dans le premier cas.

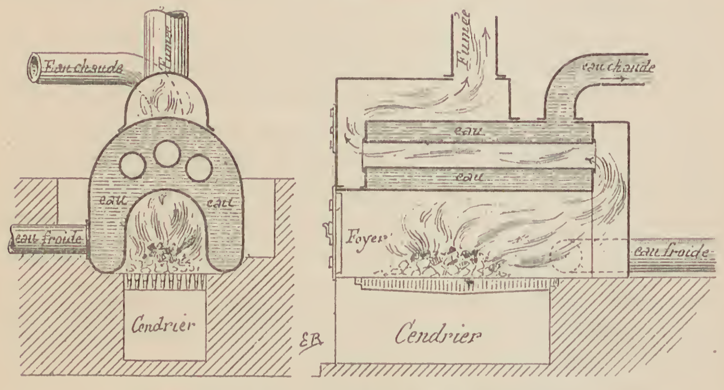


Fig. 1468, 1469. — Chaudière thermosiphon.

Ces deux conditions ne se produisent que dans les chaudières à vapeur et non dans les chaudières à eau, où il se produit peu de vapeur, à moins d'un excès de puissance du foyer (et alors la chaudière a été mal calculée), et où le tartre ne peut se produire, puisque c'est toujours la même eau qui est dans le circuit.

Pourtant les chaudières à eau s'usent très rapidement ; ce fait est attribuable uniquement à la mauvaise qualité des charbons employés qui contiennent du soufre, lequel ronge la paroi de la chaudière.

Nous devons donc chercher dans la construction de la chaudière le métal le moins attaquable par l'acide sulfureux, et c'est le cuivre.

La tôle et la fonte sont à peu près dans les mêmes conditions de résistance vis-à-vis cet agent de détérioration.

On doit dans tous les cas éviter la tôle galvanisée, qui résiste tant que le zinc n'a pas été attaqué ; mais une fois celui-ci dis-

paru, la détérioration s'accentue d'autant plus qu'il se forme entre les deux métaux un élément électrique.

Nous avons deux éléments à déterminer : la surface de la grille et la surface de chauffe.

Il faut admettre que 1 kilogramme de houille dont la puissance calorifique théorique est de 8 000 calories n'en donne efficacement que 3 000 ; le rendement est donc de 40 p. 100 seulement.

Un mètre carré de surface de grille pouvant brûler 50 kilogrammes par heure, on en déduira la surface totale de la grille et aussi la consommation moyenne de charbon par année en admettant cent cinquante à cent quatre-vingt jours de chauffage suivant les serres et les climats.

Pour déterminer la surface de chauffe on se basera sur ce fait que 1 mètre de surface laisse passer 7 000 calories par heure.

Il y a deux espèces de chaudières employées pour le chauffage des serres : les chaudières *horizontales* et les chaudières *verticales*.

Les chaudières horizontales sont à retour de flamme ; elles affectent souvent en section transversale la forme d'un fer à cheval (fig. 1468, 1469) ; elles sont tubulaires pour augmenter la surface de chauffe ; les tubes sont placés dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, suivant les systèmes ; la flamme après avoir léché les parois du foyer retourne sur elle-même en passant par les tubes avant de revenir au tuyau de fumée.



Fig. 1470.
Poêle thermosiphon.

Les chaudières verticales sont généralement à chargement continu et à combustion lente ; elles affectent souvent la forme du poêle Chouberski, comme par exemple le modèle de M. Paul Lebœuf, que nous représentons figure 1470.

Nous empruntons à M. Paul Lebœuf, ingénieur-constructeur, les tableaux suivants :

TABLEAU

DE LA SURFACE DE CHAUFFE DES CHAUDIÈRES, DE LEUR CONTENANCE, DE LA QUANTITÉ D'EAU QU'ELLES PEUVENT CHAUFFER ET DE LA SURFACE DE LA GRILLE

	NUMÉROS des CHAUDIÈRES	DIMENSIONS longueur, largeur, hauteur.	SURFACE de CHAUFFE	CONTENANCE en LITRES	QUANTITÉ D'EAU qu'elles peuvent chauffer — en LITRES	QUANTITÉ D'EAU qu'elles peuvent chauffer — équivalent en mètres en tuyaux de $0^m,10$	SURFACE de LA GRILLE
			mèt. q.	litres.		mètres	mèt. q.
Horizontales.	0 tôle d'acier.	0,500 × 0,345 × 0,283	0,75	16	196 25	25	0 1000
	1 —	0,700 × 0.346 × 0,283	1,05	21	314	40	0 1125
	2 —	0,900 × 0.396 × 0,335	1,62	31	471	60	0 1500
	3 —	1,200 × 0,396 × 0,335	2,16	40	706, 50	90	0 1800
	3 *bis* —	1,200 × 0,530 × 0,425	2.6880	75	863 50	110	0 2200
	4 (tubulaire).	1,000 × 0,510 × 0,390	3,06	79	1,099	140	0 1500
	5 —	1,000 × 0,560 × 0,440	3.26	96	1,777 50	150	0 1800
	6 —	1,250 × 0,560 × 0,750	5,8779	161	1,413	180	0 2220
	7 —	1,500 × 1,096 × 0,700	13,3092	327 56	2,747 50	350	0 3500
	8 —	2,000 × 1,304 × 0,902	24,95	900	4,710	600	0 4000
	9 —	3,000 × 1,630 × 1,100	67,6847	2,042	9.420	1.200	0 6000
Verticales.	10 —	Diamètres, hauteurs	3,7263	62	1,177 50	150	0 2025
	11 —	0,490×0,840	5,0086	84	1,570	200	0 2025
	12 —		6,4882	106	1,962 50	250	0 2025
	13 —	0.820×1,400	14,2828	290 27	2,747 50	350	0 3025
	14 —	1,180×1,310	12,0678	432 538	2,747 50	350	0 2732
Horizontales.	0 cuivre.	0,560 × 0,360 × 0,275	0,8490	19	235 50	30	0 1000
	1 (tubulaire).	0,600 × 0,360 × 0,275	1,1517	21	314	40	0 1125
	2 —	0,750 × 0,380 × 0,520	2,2572	34	471	60	0 1350
	2 Foyer long.	0,880 × 0,380 × 0,520	2,4771	39	706 50	90	0 1500
	3 (tubulaire).	» » »	3,1503	60 59	942	120	8 925
	3 Foyer long.	1.010 × 0,420 × 0,590	3,4508	65	1,177 50	150	0 2100

M. Paul Lebœuf a dressé, après expériences probantes, les tableaux de température des serres et jardins d'hiver que nous donnons ci-dessous.

« D'après plusieurs expériences faites sur le chauffage installé dans le Jardin d'hiver de l'École nationale d'Horticulture de Versailles, j'ai constaté les résultats suivants :

La surface vitrée du Jardin d'hiver est de :
$46,58 \times 19.55 = 910^2 63$. . . . .
Pignon vitré environ 58,00.
} Total : $\overline{968}^{2}$,63.

Les tuyaux placés dans ce Jardin d'Hiver représentent :

1° Une longueur de $561^{m},45$, tuyaux fonte 0,12, soit une surface de chauffe de $211^{2},5563$. . . . .
2° Une longueur de $4^{m},30$, tuyaux cuivre 0,12, soit une surface de chauffe de 1,6202. . . . .
3° La surface de chauffe des deux cylindres placés près de la porte est de 5,2752.. . . . .
Total : $\overline{218}^{2},4517$.

La surface de chauffe de la chaudière est de $24^{2},95$.
La surface de grille — $0^{2},40$.

Le chauffage complet contient :

1° Dans les tuyaux en fonte. $584^{m},95$ à 9 ,50	$5557^{lit},05$	5 874 ,43	Total : $7\,224^{lit},43$.
2° Dans les tuyaux en cuivre. $8^{m},08$ à $11^{lit},30$	91 ,30		
3° Dans les deux cylindres.	226 ,08		
4° Contenance de la chaudière. . . .	1 350 »		

Les résultats obtenus ont été les suivants :

En 7 h. 1/4 la température moyenne des 7 224 lit. 43 a été élevée de 15°83 à 91°50, avec une consommation de 220 kilos charbon Charleroi, soit une consommation de 30 kg. 344 à l'heure et de 0 kg. 7586 par décimètre carré de surface de grille.

L'élévation moyenne de la température intérieure sur celle extérieure a été de 17°.

Ces diverses expériences m'ont permis d'établir la formule suivante :

Étant donné que $\overline{218}^{2}$ de surface de chauffe contenant de l'eau à 91° ont élevé la température de 17° dans une serre close par $\overline{968}^{2}$ de surface vitrée.

Pour élever la température de 1° il m'aurait fallu 17 fois moins de surface de chauffe, soit $218 : 17 = \overline{12}^{m^2},82$.

Pour trouver la surface de chauffe nécessaire pour élever la température d'un nombre de degrés donnés dans une serre close par une surface vitrée également donnée, il suffira de résoudre le problème suivant :

Représentons par X la surface de chauffe nécessaire, nous aurons :

$$X = \frac{12.82 \times \text{par température à obtenir} \times \text{par surface vitrée donnée}}{968}$$

Exemple : quelle est la surface de chauffe nécessaire pour

obtenir 10° de chaleur dans une serre close par $\overline{100}^2$ de surface vitrée :

La formule ci-dessus nous donne :

$$X = \frac{12.82 \times 10 \times 100}{968} = \overline{13}^2 20$$

Pour faciliter les calculs j'ai établi les tableaux ci-dessous donnant les surfaces de chauffe nécessaires pour obtenir de 1 à 30° dans des serres closes par 1 à 2 000 mètres carrés de vitrerie.

J'ai également converti ces surfaces en longueurs de tuyaux de 0,10 et de 0,12.

Pour se servir de ce tableau il suffit de chercher dans la première colonne, la surface vitrée de la serre, de se reporter ensuite à la colonne du degré à obtenir. Le point d'intersection de ces 2 colonnes donnera : 1° la surface nécessaire ; 2° le nombre de mètres de tuyaux de 0,10 ; 3° le nombre de mètres de tuyaux de 0,12.

Si les tuyaux étaient placés en caniveau, il faudrait compter le double de la surface de chauffe nécessaire ; et si la serre était à double vitrage, 1/5 en moins.

TABLEAU n° 1 (de 1 à 3 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	1°			2°			3°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,0132	0,042	0,0355	0,0264	0,0840	0.071	0,0396	0,126	0,1065
2	0,0264	0.084	0,0710	0,0528	0,168	0,142	0,0792	0.252	0,213
3	0,0396	0.126	0,1065	0,0792	0,254	0,213	0.1188	0,378	0,3195
4	0,0528	0,168	0.1420	0,1056	0,336	0,284	0.1584	0.504	0,426
5	0,0660	0,210	0,1775	0,1320	0,420	0,355	0,1980	0,630	0.5325
6	0.0792	0,252	0.2130	0,1584	0,504	0,426	0.2376	0,756	0,639
7	0,0924	0,294	0,2485	0,1848	0,588	0.497	0,2772	0,882	0,7455
8	0,1056	0,336	0.2840	0,2112	0,672	0.568	0,3168	1,008	0,852
9	0,1188	0,378	0.3190	0,2376	0,756	0,639	0,3564	1,134	0,9585
10	0,132	0,42	0,355	0,264	0,840	0,710	0,396	1,260	1,065
20	0,264	0,84	0,710	0,528	1,680	1,42	0,792	2.520	2,13
30	0,396	1,26	1,065	0,792	2,54	2,13	1,188	3,780	3,195
40	0,528	1,68	1,420	1,056	3,36	2,84	1,584	5,040	4.260
50	0,660	2,10	1,775	1,320	4,29	3,55	1,980	6,30	5,325
60	0.792	2,52	2,130	1,584	5,04	4,26	2,376	7,560	6,390
70	0,924	2,94	2,485	1,848	5,88	4,97	2,772	8,820	7,455
80	1,056	3,36	2,840	2,112	6,72	5,68	3,168	10,080	8,520
90	1,188	3,78	3,195	2,376	7,56	6,39	3,564	11,340	9,585
100	1,32	4,20	3,55	2,64	8,40	7,10	3,96	12,60	10,65
200	2,64	8,40	7,10	5,28	16,80	14,20	7,92	25,20	21,30
300	3,96	12,60	10,65	7,92	25,40	21,30	11,88	37,80	31,95
400	5,28	16,80	14,30	10,56	33,60	28,40	15,84	50,40	42,60
500	6,60	21,00	17,75	13,20	42,00	35,50	19,80	63,00	53,25
1 000	13,20	42,00	35,50	26,40	84,00	71,00	39,60	126,00	106,50
1 500	19,80	63,00	53,25	39,60	126,00	106,50	59,40	199,00	159,75
2000	26,40	84,00	71,00	52,80	168,00	142,00	79,20	252,00	213,00

TABLEAU n° 2 (de 4 à 6 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	4°			5°			6°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,0528	0,168	0,142	0,066	0,21	0,1775	0,0792	0,252	0,213
2	0,1056	0,336	0,284	0,132	0,42	0,355	0,1584	0,504	0,426
3	0,1584	0,504	0,426	0,198	0,63	0,5325	0,2376	0,756	0,639
4	0,2112	0,672	0,568	0,264	0,84	0,71	0,3168	1,008	0,852
5	0,264	0,840	0,710	0,330	1,05	0,8875	0,3960	1,26	1,065
6	0,3168	1,008	0,852	0,396	1,26	1,065	0,4752	1,512	1,278
7	0,3696	1,176	0,984	0,462	1,47	1,2425	0,5544	1,764	1,491
8	0,4224	1,328	1,136	0,528	1,68	1,42	0,6336	2,016	1,704
9	0,4752	1,512	1,278	0,594	1,89	1,5975	0,7128	2,268	1,917
10	0,528	1,680	1,42	0,660	2,10	1,775	0,792	2,520	2,130
20	1,056	3,36	2,84	1,32	4,20	3,55	1,584	5,04	4,26
30	1,584	5,04	4,26	1,98	6,30	5,325	2,376	7,56	6,39
40	2,112	6,72	5,68	2,64	8,40	7,10	3,168	10,08	8,52
50	2,640	8,40	7,10	3,30	10,50	8,875	3,960	12,60	10,65
60	3,168	10,080	8,52	3,960	12,60	10,650	4,752	15,12	12,78
70	3,696	11,760	9,84	4,620	14,70	12,425	5,544	17,64	14,91
80	4,224	13,280	11,36	5,280	16,80	14,201	6,336	20,16	17,04
90	4,752	15,120	12,78	5,940	18,90	15,975	7,128	22,68	19,17
100	5,28	16,80	14,20	6,60	21,00	17,75	7,92	25,20	21,30
200	10,56	33,60	28,40	13,20	42,00	35,50	15,84	50,40	42,60
300	15,84	50,40	42,60	19,80	63,00	53,25	23,76	75,60	63,90
400	21,12	67,20	56,80	26,40	84,00	71,00	31,68	100,80	85,20
500	26,40	84,00	71,00	33,00	105,00	88,75	39,60	126,00	106,50
1 000	52,80	168,00	142,00	66,00	210,00	177,50	79,20	252,00	213,00
1 500	79,20	252,00	213,00	99,00	315,00	266,25	118,80	378,00	319,50
2 000	105,60	336,00	284,00	132,00	420,00	355,00	158,40	504,00	426,00

TABLEAU nº 3 (de 7 à 9 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	7° Surface de chauffe nécessaire.	7° Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	7° Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	8° Surface de chauffe nécessaire.	8° Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	8° Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	9° Surface de chauffe nécessaire	9° Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	9° Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,0924	0,294	0,2485	0,1056	0,336	0,284	0,1188	0,378	0,3195
2	0,1848	0,588	0,497	0,2112	0,672	0,568	0,2376	0,756	0,639
3	0,2772	0,882	0,7455	0,3168	1,008	0,852	0,3564	1,134	0,9585
4	0,3696	1,176	0,994	0,4224	1,344	1,136	0,4752	1,512	1,278
5	0,4620	1,470	1,2425	0,528	1,680	1,420	0,594	1,890	1,5975
6	0,5544	1,764	1,4910	0,6336	2,016	1,704	0,7128	2,268	1,917
7	0,6468	2,058	1,7395	0,7392	2,352	1,988	0,8316	2,646	2,2365
8	0,7392	2,352	1,988	0,8448	2,688	2,272	0,9504	3,024	2,556
9	0,8316	2,646	2,2365	0,9504	3,024	2,556	1,0692	3,402	2,8755
10	0,924	2,940	2,485	1,056	3,360	2,840	1,188	3,780	3,195
20	1,848	5,88	4,97	2,112	6,72	5,68	2,376	7,56	6,39
30	2,772	8,82	7,455	3,168	10,08	8,52	3,564	11,34	9,585
40	3,696	11,76	9,74	4,224	13,44	11,36	4,752	15,12	12,78
50	4,620	14,70	12,425	5,280	16,80	14,20	5,940	18,90	15,975
60	5,544	17,64	14,910	6,336	20,16	17,04	7,128	22,68	19,170
70	6,468	20,58	17,395	7,392	23,52	19,88	8,316	26,46	22,365
80	7,392	23,52	19,880	8,448	26,88	22,72	9,504	30,24	25,560
90	8,316	26,46	22,365	9,504	30,24	25,56	10,692	34,02	28,755
100	9,24	29,40	24,85	10,56	33,60	28,40	11,88	37,80	31,95
200	18,48	58,80	49,70	21,12	67,20	56,80	23,76	75,60	63,90
300	27,72	88,20	74,55	31,68	100,80	85,20	35,64	113,40	95,85
400	36,96	117,60	99,40	42,24	134,40	113,60	47,52	151,20	127,80
500	46,20	147,00	124,25	52,80	168,00	142,00	59,40	189,00	159,75
1 000	92,40	294,00	248,50	105,60	336,00	284,00	118,80	378,00	319,50
1 500	138,60	441,00	372,75	158,40	504,00	426,00	178,20	567,00	479,25
2 000	184,80	588,00	497,00	211,20	672,00	568,00	237,60	756,00	639,00

TABLEAU n° 4 (de 10 à 12 degrés).

Mètres carrés. de surface vitrée.	10°			11°			12°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0.10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,132	0,420	0,355	0,1452	0,462	0,3905	0,1584	0,504	0,426
2	0,264	0,840	0,71	0,2904	0,924	0,781	0,3168	1,008	0,852
3	0,396	1,26	1,065	0,4356	1,386	1,1715	0,4752	1,512	1,278
4	0,528	1,68	1,42	0,5808	1,848	1,562	0,6336	2,016	1,704
5	0.660	2.10	1,775	0,726	2,310	1,9525	0,792	2.520	2,130
6	0,792	2,52	2,13	0,8712	2,772	2,3430	0,9504	3,021	2,556
7	0,924	2,94	2,485	1,0164	3,234	2,7335	1,1088	3,528	2.982
8	1,056	3,36	2,84	1,1616	3,696	3,1240	1,2672	4,032	3,408
9	1,188	3,78	3,195	1,3068	4,158	3,5155	1,4256	4,536	3,834
10	1,320	4,20	3,550	1,452	4,62	3,905	1,584	5,04	4,26
20	2,640	8,40	7,10	2,904	9,24	7,81	3,168	10,08	8,52
30	3,96	12,60	10,65	4,356	13,86	11,715	4,752	15,12	12,78
40	5,28	16,80	14,20	5,808	18,48	15,62	6,336	20,16	17,04
50	6,60	21,00	17,75	7,26	23,10	19,525	7,920	25,20	21,30
60	7,92	25,20	21,30	8,712	27,72	23,430	9,504	30,24	25,56
70	9,24	29,40	24,85	10,164	32,34	27,335	11,088	35,28	29,82
80	1,056	33,60	28,40	11,516	36,96	31,24	12,672	40,32	34,08
90	1,188	37,80	31,95	13,068	41,58	35,145	14,256	45,36	38,34
100	13,20	42,00	35,50	14,52	46,20	39,05	15,84	50,40	42,60
200	26,40	84,00	71,00	29,04	92,40	78,10	31,68	100,80	85,20
300	39,60	126,00	106,50	43,56	138,60	117,15	47,52	151,20	127,80
400	52,80	168,00	142,00	58,08	184,80	156,20	63,36	201,60	170,40
500	66,00	210,00	177,50	72,60	231,00	195,25	79,20	252,00	213,00
1 000	132,00	420,00	355,00	145,20	462 00	390,50	158,40	504,00	426,00
1 500	198,00	630,00	532,50	217,80	693,00	585,75	237,60	756,00	639,00
2 000	264,00	840,00	710,00	290,40	924,00	781,00	316,80	1008,00	852,00

TABLEAU n° 5 (de 13 à 15 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	13°			14°			15°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,1716	0,546	0,4615	0,1848	0,588	0,497	0,198	0,63	0,5325
2	0,3432	1,092	0,923	0,3696	1,176	0,994	0,396	1,260	1,065
3	0,5148	1,638	1,3845	0,5544	1,764	1,491	0,594	1,890	1,5975
4	0,6864	2,184	1,846	0,7392	2,352	1,988	0,792	2,520	2,130
5	0,858	2,730	2,3075	0,924	2,940	2,485	0,990	3,150	2,6625
6	1,0296	3,276	2,7690	1,1088	3,528	2,982	1,188	3,780	3,1950
7	1,2012	3,822	3,2305	1,2936	4,116	3,479	1,386	4,41	3,7275
8	1,3728	4,368	3,6920	1,4784	4,704	3,976	1,584	5,04	4,2600
9	1,5444	4,914	4,0635	1,5632	5,292	4,473	1,782	5,67	4,7925
10	1,716	5,46	4,615	1,848	5,88	4,97	1,98	6,30	5,325
20	3,432	10,92	9,23	3,696	11,76	9,94	3,96	12,60	10,65
30	5,148	16,38	13,845	5,544	17,64	14,91	5,94	18,90	15,975
40	6,864	21,84	18,46	7,392	23,52	19,88	7,92	25,20	21,30
50	8,580	27,30	23,075	9,24	29,40	24,85	9,90	31,50	26,625
60	10,296	32,76	27,69	11,088	35,28	29,82	11,88	37,80	31,95
70	12,012	38,22	32,305	12,936	41,16	34,79	13,86	44,10	37,275
80	13,728	43,68	36,92	14,784	47,04	39,76	15,84	50,40	42,60
90	15,444	49,14	40,635	15,632	52,92	44,73	17,82	56,70	47,925
100	17,16	54,60	46,15	18,48	58,80	49,70	19,80	63,00	53,25
200	34,32	109,20	92,30	36,96	117,60	99,40	39,60	120,00	106,60
300	51,48	163,80	138,45	55,44	176,40	149,10	59,40	189,00	159,75
400	68,64	218,40	184,60	73,92	235,20	198,80	79,20	252,00	213,00
500	85,80	273,00	230,75	92,40	294,00	248,50	99,00	315,00	266,25
1 000	171,60	546,00	461,50	184,80	588,00	497,00	198,00	630,00	532,50
1 500	257,40	819,00	692,25	277,20	882,00	735,50	297,00	945,00	798,75
2000	342,80	1092,00	923,00	369,60	1176,00	994,00	396,00	1260,00	1065,00

TABLEAU n° 6 (de 16 à 18 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	16°			17°			18°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe. nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0.10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,2112	0,672	0,568	0,2264	0.714	0,6035	0,2376	0,756	0,639
2	0,4224	1,344	1,136	0,4528	1,428	1,207	0,4752	1,512	1.278
3	0,6336	2,016	1,704	0,6792	2,142	1,8105	0,7128	2,268	1,917
4	0,8448	2,688	2,272	0,9056	2,856	2,414	0,9504	3,024	2,556
5	1,056	3,360	2,840	1,132	3,570	3,0175	1,188	3,780	3,195
6	1,2672	4,032	3,408	1,3584	4,284	3,6210	1,4256	4,536	3,834
7	1,4784	4,704	3,976	1,5848	4,998	4,2245	1,6632	5,292	4,473
8	1,6896	5,376	4,544	1,8112	5,712	4,8280	1,9008	6,048	5,112
9	1,8908	6,048	5,112	2,0376	6,426	5,4315	2,1384	6,804	5,751
10	2,112	6.72	5,68	2,264	7,14	6,035	2,376	7,56	6.39
20	4,224	13,44	11,36	4,528	14,28	12,07	4,752	15,12	12.78
30	6,336	20,16	17,04	6,792	21,42	18,105	7,128	22,68	19.17
40	8,448	26,88	22,72	9,056	28,56	24,14	9,504	30,24	25,56
50	10,56	33,60	28,40	11,32	35,70	30,175	11,88	37,80	31.95
60	12,672	40,32	34,08	13,584	42,84	36,21	14,256	45,36	38,34
70	14,784	47,04	39,76	15,848	49,98	42,245	16,632	52,92	44.73
80	16,896	53,76	45,44	18,112	57,12	48,28	19,008	60,48	51.12
90	18,908	60,48	51,12	20,376	64,26	54,315	21,384	68,04	57.15
100	21,12	67,20	56,80	22,64	71,40	60,35	23,76	75,60	63,90
200	42,24	134,40	113,60	45,28	142,80	120,70	47,52	151,20	127.80
300	63,36	201,60	170,40	67,92	214,20	181,05	71,28	226,80	191.70
400	84,48	268,80	227,20	90,56	285,60	241,40	95,04	302,40	255,60
500	105,60	336,00	284,00	113,20	257,00	301,75	118,80	378,00	319,50
1 000	211,20	672,00	568,00	226,40	714,00	603,50	237,60	756,00	639.00
1 500	316,80	1008,00	852,00	339,70	1071,00	904,25	356,40	1134,00	958.50
2 000	422,40	1344,00	1136,00	452,80	1428,00	1207,00	475,20	1512,00	1278.00

TABLEAU n° 7 (de 19 à 21 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	19°			20°			21°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,2508	0,798	0,6745	0.264	0.84	0.71	0,2772	0,882	0.7455
2	0.5016	1.596	1,349	0,528	1.68	1.42	0.5554	1.764	1,491
3	0.7524	2,394	2,0235	0,792	2,52	2.13	0,8316	2,646	2.2365
4	1,0032	3,192	2,698	1,056	3.360	2.84	1,1108	3,528	2.982
5	1,254	3.990	3,3725	1,320	4,260	3,55	1,386	4,41	3.7275
6	1,5048	4,788	4,0470	1,584	5,04	4,26	1,6633	5,292	4,473
7	1,7556	5,586	4,7215	1,848	5,880	4,97	1,9404	6,174	5,2185
8	2,0064	6,384	5,3960	2,112	6,720	5,68	2,2176	7,056	5,964
9	2.2572	7,182	6,0705	2,376	7,56	6,39	2,4948	7,938	6.7095
10	2.508	7,98	6,745	2,64	8,40	7,10	2,772	8,82	7,455
20	5,016	15,96	13,49	5,28	16,80	14,20	5,554	17,64	14,91
30	7,524	23,94	20,235	7,92	25,20	21,30	8,316	26,46	22,365
40	10,032	31,92	26,98	10,56	33,60	28,40	11,108	35,28	29,82
50	12,54	39,90	33,725	13,20	42,00	35,50	13,86	44,10	37,275
60	15,048	47,88	40.47	15,84	50,40	42,60	16.632	52,92	44,730
70	17,556	55,86	47,215	18,48	58,80	49,70	19,404	61,74	52,185
80	20,064	63,84	53,96	21,12	67,20	56,80	22,176	70,56	59,640
90	22,572	71,82	60,705	23,76	75,60	63,90	24,948	79,38	67,095
100	25,08	79,80	67,45	26,40	84,00	71,00	27,72	88,20	74,55
200	50,16	159,60	134,90	52,80	168,00	142,00	55,54	176,40	149,10
300	75,24	239,40	202,35	79,20	252,00	213,00	83,16	264,60	223.65
400	100,32	319,20	269,80	105,60	336,60	284,00	111,08	352,80	298,20
500	125,40	399,00	337,25	132,00	420,00	355,00	138,60	441,00	372,75
1 000	250,80	798,00	674,50	264,00	840,00	710,00	277,20	882,00	745,50
1 500	376,20	1197,00	1011,75	396,00	1260,00	1065,00	415,80	1323,00	1117,25
2 000	501,60	1596,00	1348,00	528,00	1680,00	1420,00	554,40	1764,00	1491,00

TABLEAU n° 10 (de 28 à 30 degrés).

Mètres carrés de surface vitrée.	28°			29°			30°		
	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.	Surface de chauffe nécessaire.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,10.	Mètres de tuyaux. Fonte 0,12.
1	0,3696	1,176	0,994	0,3828	1,218	1,0295	0,396	1,26	1,065
2	0,7392	2,352	1,988	0,7656	2,436	2,059	0,792	2,52	2,13
3	1,1088	3,528	2,982	1,1484	3,654	3,0885	1,188	3,78	3,195
4	1,5784	4,704	3,976	1,5312	4,872	4,118	1,584	5,04	4,26
5	1,8480	5,88	4,970	1,914	6,09	5,1475	1,980	6,30	5,325
6	2,2176	7,56	5,964	2,2968	7,308	6,177	2,376	7,56	6,39
7	2,5872	8,232	6,958	2,6796	8,456	7,2065	2,772	8,82	7,455
8	2,9568	9,408	7,952	3,0624	7,744	8,236	3,168	10,08	8,52
9	3,3264	10,584	8,946	3,4452	10,962	9,2655	3,564	11,34	9,585
10	3,696	11,760	9,94	3,828	12,18	10,295	3,96	12,60	10,65
20	7,392	23,52	19,88	7,656	24,36	20,59	7,92	25,20	21,30
30	11,088	35,28	29,82	11,484	36,54	30,885	11,88	37,80	31,95
40	15,784	47,04	39,76	15,312	48,72	41,18	15,84	50,40	42,60
50	18,480	58,80	49,70	19,14	60,90	51,475	19,80	63,00	53,25
60	22,176	70,56	59,64	22,968	73,08	61,770	23,76	75,60	63,90
70	25,872	82,32	69,58	26,796	84,56	72,065	27,72	88,20	74,55
80	29,568	94,08	79,52	30,624	97,44	82,360	31,68	100,80	85,20
90	33,264	105,84	89,46	34,452	109,62	92,655	35,64	113,40	95,85
100	36,96	117,60	99,40	38,28	121,80	102,95	39,60	126,00	106,50
200	73,92	235,20	198,80	76,56	243,60	205,90	79,20	252,00	213,00
300	110,88	352,80	298,20	114,84	365,40	308,85	118,80	378,00	319,50
400	157,84	470,40	397,60	153,12	487,20	411,80	158,40	504,00	426,00
500	184,80	588,00	497,00	191,40	609,00	514,75	198,00	630,00	532,50
1 000	368,60	1176,00	994,00	382,80	1218,00	1029,50	396,00	1260,00	1065,00
1 500	543,40	1764,00	1491,00	574,20	1827,00	1544,25	594,00	1890,00	1597,50
2 000	737,20	2352,00	1988,00	765,60	2436,00	2059,00	792,00	2520,00	2130,00

VENTILATION

La ventilation bien entendue consiste à évacuer l'air vicié pour le remplacer par de l'air pur.

Les principaux moyens employés pour ventiler les bâtiments sont :

1° Faire communiquer la pièce à ventiler avec une cheminée d'appel dans laquelle on peut obtenir une colonne ascendante d'air chaud au moyen d'un foyer allumé ou de brûleurs à gaz, et, au moins d'une prise à l'extérieur ; remplacer par de l'air neuf chauffé ou rafraîchi suivant les saisons, celui vicié qu'on a évacué par la cheminée d'appel.

C'est le moyen le plus simple et dans beaucoup de cas on peut faire servir la chaleur de la fumée à l'aspiration de l'air vicié, il suffit pour cela de faire passer dans la gaine d'appel le tuyau de fumée de la cheminée.

On reproche à ce système de ventilation de contrarier le tirage des cheminées ; d'attirer les odeurs provenant des cuisines et cabinets d'aisance ; d'exiger des gaines de grandes dimensions.

2° Par injection d'air, au moyen de ventilateurs soufflants mécaniques, ce qui permet d'agir par diffusion et d'arriver à délivrer l'air au point précis où il est nécessaire de même qu'au moyen de ventilateurs aspirants on extraira l'air vicié.

Introduction de l'air. — L'air est introduit, soit par les appareils de chauffage, soit par des conduites spéciales disposées comme celles des calorifères et prenant l'air à l'extérieur. Il faut avoir soin que les prises d'air soient établies à l'abri de toute émanation malsaine, de toute infiltration des eaux ou des gaz du sol ou des égouts ; elles doivent de même être assez éloignées des orifices évacuant l'air vicié.

La vitesse de l'air doit être très faible ; la section des conduites doit donc être considérable pour que la vitesse de cet air ne dépasse pas un mètre au maximum par seconde, surtout aux points où cet air débouche dans les pièces, cette vitesse doit être assez faible pour que le courant d'air chaud ou froid ne vienne pas frapper brusquement les personnes occupant la pièce ventilée, et soit immédiatement mélangé à l'air ambiant, ce qui ne se produirait pas s'il y avait une trop grande vitesse.

Température de l'air. — Cette température est variable suivant la destination des lieux ventilés. On admet en moyenne :

pour les églises, 14°; pour les hôpitaux, 16 à 17°; pour les salles de spectacle, 18 à 20°; pour les bureaux, de 15 à 16°; pour les habitations, de 17 à 18°.

Pendant l'hiver, on arrive facilement à régler la température au moyen du chauffage; mais pendant l'été le problème est beaucoup plus difficile et à moins d'employer les réfrigérants qui sont coûteux, on ne peut guère que faire passer l'air dans des galeries souterraines où il peut prendre une certaine fraîcheur.

Lorsqu'on détermine la quantité d'air chaud ou froid à introduire ou à évacuer, il convient de tenir compte qu'une personne dégage à l'heure 100 calories, une bougie autant, une lampe 300 à 400, un bec de gaz 700 en moyenne.

Évacuation de l'air. — L'appel est le plus souvent fait par les cheminées autant que par les gaines d'appel, mais ce tirage étant très irrégulier, il est toujours insuffisant.

Les conduites évacuant l'air vicié sont faites comme celles qui amènent l'air nouveau; la vitesse de cet air doit être la même.

Volume d'air. — La proportion d'acide carbonique dans l'air est de 0,0005. Or un adulte en produit en respirant 20 grammes par heure, et si l'on ne veut pas que l'air contienne plus de 0,001 de ce gaz, il faut donc fournir 40 mètres cubes d'air par heure et par individu. De même un homme produit dans le même temps 60 grammes de vapeur d'eau. Si l'air ambiant, dit M. Planat, est saturé à moitié d'humidité, il renferme 6 gr. 40 environ d'eau par mètre cube, et si l'on ne veut pas que le degré de saturation dépasse trois quarts, ce qui correspond à 9 gr. 60 d'eau par mètre cube d'air, il faut fournir 20 mètres cubes par heure et par personne.

Mais si l'air ambiant était déjà aux deux tiers de saturation, c'est-à-dire s'il contenait déjà 8 gr. 50, il faudra alors fournir 60 mètres cubes d'air par personne et par heure, pour ne pas dépasser les trois quarts de la saturation.

En général, on admet aujourd'hui qu'un cube de 15 mètres par individu, pour les enfants, et de 25 mètres pour les adultes est un minimum au-dessous duquel il ne serait pas prudent de descendre. Toutes les fois qu'une cause spéciale d'insalubrité vient s'ajouter aux phénomènes ordinaires qui sont la conséquence de la respiration et de la transpiration cutanée, les chiffres précédents doivent être notablement augmentés.

C'est ainsi qu'on adopte en général :

Pour les écoles d'enfants, 15 à 20 mètres cubes par individu et par heure.
Pour les écoles d'adultes, 30 à 35 mètres cubes par individu et par heure.
Salles de réunion ordinaires, 60 mètres cubes par individu et par heure.
Salles d'hôpitaux, 70 mètres cubes par individu et par heure.
Salles de chirurgie, 150 mètres par individu et par heure.
Salles de varioleux, 200 mètres cubes par individu et par heure.
Salles de femmes en couches, 300 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les prisons, 50 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les casernes de jour, 30 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les casernes de nuit, 40 à 50 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les ateliers ordinaires, 60 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les ateliers malsains, 100 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les théâtres et concerts, 40 à 50 mètres cubes par individu et par heure.
Dans les écuries, 180 à 200 mètres cubes par cheval et par heure.

Dans les chambres habitées ordinaires, on compte, par heure, sur une quantité minimum d'air renouvelée = 1 à 2 fois le contenu de la chambre. Il suffit, par tête et par heure, d'une capacité de 15 à 20 mètres cubes.

L'air frais de ventilation ne doit pas avoir une température sensiblement inférieure à celle régnant dans l'espace à ventiler. Il faut par conséquent, dans beaucoup de cas, chauffer l'air de ventilation avant de l'introduire dans l'espace à ventiler. Comme ce chauffage diminue la quantité d'eau contenue dans l'air, il faut, par évaporation, restituer à cet air une quantité d'eau correspondant à cette diminution. Nous en avons indiqué les moyens en parlant des calorifères.

La vitesse de l'air entrant ne doit jamais dépasser 1 mètre par seconde.

L'éclairage, lorsqu'il a quelque importance, exige un cube d'air additionnel qu'il faut baser sur les chiffres suivants : 6 mètres cubes par bougie et par heure, 24 mètres cubes par lampe gros bec, 25 mètres cubes par bec de gaz brûlant 100 litres et par heure.

Ventilation par appel. — Nous ne nous occuperons pas ici de la ventilation obtenue par les ventilateurs mécaniques,

mais seulement de celle basée sur les différences des températures et par conséquent de densité de l'air.

La ventilation d'hiver est assurée par le chauffage, et l'évacuation est faite par le foyer et par des ouvertures pratiquées exprès et en communication par des gaines avec la partie supérieure de l'édifice.

En été, on peut aussi se servir du calorifère — sans feu bien entendu — ses conduits et surtout sa prise d'air passant sous le sol conviennent admirablement ; mais il faudrait employer un ventilateur mécanique qu'on placerait dans la prise d'air.

Dans certains cas, quand la construction est assez importante la ventilation est assurée par une grande gaine dans laquelle est placé un foyer surmonté d'un conduit de fumée. Cette gaine à laquelle aboutissent les canaux de prise de l'air vicié dans chaque pièce, se termine au-dessus du comble par une lanterne d'évacuation. On comprend que le chauffage peut être quelconque ; ce qu'il faut seulement, c'est de chauffer une colonne d'air destinée à faire appel.

Les divers modes d'appel se pratiquent par le bas, par le haut, ou encore par le haut et le bas ensemble.

Le système d'appel par le bas convient aux bâtiments peu élevés. Le mode d'appel par le haut est plus propice aux constructions élevées. Le système mixte est ainsi disposé : un foyer, placé à la partie inférieure a son tuyau de fumée renfermé dans une gaine par où se fait le départ de l'air vicié des pièces inférieures. Ce tuyau passe dans un appareil chauffé établi dans les combles et qui produit l'appel de l'air vicié des parties supérieures

Dans ces dispositions, le départ de l'air vicié dans les pièces a lieu par le bas ; l'entrée de l'air pur se fait à l'opposé et par le haut.

La ventilation dans nos habitations est toujours négligée et le plus souvent n'existe pas. Les portes et fenêtres en été ; les imperfections des menuiseries en hiver sont chargées presque partout de cet important service.

CHAPITRE XIV

INSTALLATION DU GAZ

Documents. — Arrêté-règlement concernant les conduites et appareils d'éclairage. — Instructions relatives au chauffage et à l'éclairage. — Etablissement gratuit de colonne montante.

Installations. — Conduites. — Branchements. — Compteurs. — Dimensions des compteurs, etc. — Colonne montante. — Canalisation. — Poids des tuyaux en plomb et cuivre. — Plombs propres à faire les conduites de gaz. — Nœud de jonction. — Nœud d'empattement. — Nœud de tamponnage. — Appareils. — Becs.

PEINTURE, DORURE, TENTURE

Peinture. — Apprêts. — Travaux préparatoires. — Ouvrages à la chaux. Ouvrages à la colle. — Ouvrages à l'huile. — Matières. — Essais de tons. — Vestibule. — Escalier. — Salle à manger. — Salon.

Dorure. — A la cire. — A l'eau. — A l'huile. — Brunissage. — Matage. — Sablé.

Bronzage. — Bronzage partiel, fondu, à l'effet.

Décors. — Faux bois. — Faux marbres. — Moulures. — Semis. — Filets.

Couleurs employées en peinture. — Description. — Mélange pour composer les teintes.

Tenture. — Papiers peints divers. — Bordures. — Collage. — Bandes à l'eau. — Bandes de zinc.

Encausticage et frottage des parquets. — Encaustique à l'eau. — Encaustique à l'essence. — Paille de fer. — Rebouchage des fentes.

Précautions et remèdes contre l'humidité. — Papiers métalliques. — Papiers bitumés. — Enduits hydrofuges.

SCULPTURE, TERRE-CUITE, STAFF, CARTON-PIERRE

Sculpture. — Modelage. — Moulage. — Taille. — Sculpture sur pierre.

Terre-cuite. — Dimension des pièces. — Cuisson. — Pose.

Staff. — Composition. — Emploi. — Pose. — Raccords.

Carton-pierre. — Composition. — Pose.

STORES, BANNES, JALOUSIES, VÉLUMS, CLAIES

Stores. — Destination. — Materiaux. — A double cordon. — A ouleau. — A l'italienne. — Store brisé. — Store à rouleau automatique.

Nous ne nous occuperons ici que de l'usage du gaz comme éclairage, laissant de côté les procédés employés pour sa fabrication.

ARRÊTÉ-RÈGLEMENT

CONCERNANT LES CONDUITES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ET DE CHAUFFAGE PAR LE GAZ A L'INTÉRIEUR DES BATIMENTS ET HABITATIONS

(18 février 1862 et 2 avril 1868.)

Nécessité d'une autorisation pour l'établissement et l'emploi d'appareils à gaz. (Arrêté du 2 avril 1868, article premier.)

Nul ne pourra établir dans Paris, à l'intérieur des bâtiments et habitations, un ou plusieurs appareils destinés à l'éclairage ou au chauffage par le gaz, ni faire usage d'appareils déjà installés, en augmenter ou modifier notablement la forme ou les dimensions, sans en avoir au préalable, demandé et obtenu l'autorisation du préfet de la Seine. La demande, signée de la personne intéressée, devra, s'il s'agit de travaux à effectuer, indiquer le nom et la demeure de l'appareilleur qui en sera chargé.

La permission sera délivrée au nom du signataire de la demande ; celui-ci devra, en cas de cession des lieux où le gaz sera employé, informer l'Administration du nom de son successeur.

Conditions de délivrance de l'autorisation. (Ibid., art. 2.)

Aucun appareil ne pourra être mis en service avant la délivrance d'une autorisation écrite du préfet de la Seine ou de son délégué. Toutefois, si la demande ne s'applique qu'à l'usage du gaz avec des appareils déjà installés et vérifiés, un accusé de réception de cette demande tiendra lieu d'autorisation. Dans les autres cas, l'autorisation ne sera accordée qu'après la réception définitive des travaux par

les agents du service municipal, après l'accomplissement des formalités qui seront énumérées ci-après.

Surveillance et réception des travaux. (Ibid., art. 3.)

L'exécution des travaux sera soumise à la surveillance des agents de l'Administration, qui donneront, s'il en est besoin, au pétitionnaire et à son appareilleur, les indications nécessaires pour que les ouvrages soient mis en état de réception.

Dès que les travaux seront terminés, et trois jours au moins avant qu'il ne soit fait usage du gaz, le consommateur ou son appareilleur devra en faire parvenir l'avis au bureau de l'éclairage de l'arrondissement où ces travaux ont été entrepris, pour qu'il puisse être procédé à la réception des appareils.

Le pétitionnaire et son appareilleur seront prévenus, vingt-quatre heures au moins à l'avance, du jour et de l'heure de la visite de l'agent du service de l'éclairage chargé de la réception.

Cet agent visitera d'abord la canalisation et les appareils, afin de reconnaître s'ils sont établis conformément aux dispositions du présent arrêté ; il s'assurera ensuite qu'aucune fuite n'existe ; cette dernière vérification sera faite au moyen du compteur, sur lequel aura été adapté un manomètre, le tout aux frais de l'appareilleur.

Dans le cas où l'agent aura constaté que les appareils et la canalisation satisfont aux conditions réglementaires et que le manomètre ne revèle aucune fuite, il délivrera immédiatement une permission provisoire d'éclairage, qui sera valable pour quinze jours, et il pourra être fait, sans nouveau délai, usage du gaz.

Lorsqu'il existera des fuites peu importantes, mais que les conduites et appareils, sans satisfaire cependant à toutes les conditions réglementaires, ne présenteront pas de danger pour l'emploi momentané du gaz, il pourra être délivré, par l'inspecteur principal de l'éclairage, une permission de tolérance d'une durée égale à celle qui sera nécessaire pour mettre en état les conduites et appareils. A l'expiration du délai accordé une nouvelle visite sera faite à la diligence du consommateur, pour procéder, s'il y a lieu, à la réception définitive.

S'il existe, enfin, des fuites importantes et des défectuosités dangereuses dans les conduites ou appareils, il sera sursis à la délivrance de toute permission, et l'agent dressera procès-verbal de sa visite.

Le consommateur et l'appareilleur seront mis en demeure de signer ce procès-verbal et d'y ajouter les observations qu'ils jugeraient à propos de présenter.

Il sera statué par l'Administration, qui, le cas échéant, fera connaître au pétitionnaire les travaux qu'il devra exécuter, afin de rendre possible la réception des appareils installés.

Après l'achèvement des travaux requis, il sera procédé, s'il y a lieu, à la réception dans les formes ci-dessus indiquées.

Défense aux Compagnies de livrer du gaz dont l'emploi n'est pas autorisé. (Arrêté du 18 février 1862, art. 3.)

Les Compagnies d'éclairage et de chauffage par le gaz ne pourront délivrer du gaz à la consommation que sur la présentation qui leur sera faite de l'autorisation prescrite.

Pose des branchements et robinets. (Ibid., art. 4.)

Aucun branchement ne pourra être établi sur une des conduites que la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz est autorisé à poser sur la voie publique, sans une autorisation spéciale. Les robinets des branchements devront être placés dans les soubassements des maisons ou boutiques, ou dans l'épaisseur des murs.

Les robinets existant sous la voie publique seront supprimés aux frais de qui de droit, au fur et à mesure de la réfection des trottoirs et du pavé.

Robinet extérieur. (Arrêté du 2 avril 1868, art. 4.)

Le robinet extérieur de tout branchement sera placé à l'entrée du bâtiment, dans l'épaisseur du mur, et renfermé dans un coffre disposé de telle sorte que le gaz qui s'y introduirait ne puisse s'échapper qu'en dehors du bâtiment. Ce coffre sera fermé par une porte en métal, dont les agents du service de l'éclairage et les Compagnies auront seuls la clef. Cette porte sera pourvue d'un appendice disposé de telle sorte que le consommateur ne puisse pas ouvrir le robinet pour faire circuler le gaz sans l'action préalable des Compagnies, mais de manière, cependant, à ce qu'il lui soit possible d'user du gaz à volonté ou d'en arrêter l'introduction dès qu'il aura été mis à sa disposition par les Compagnies ; celles-ci lui remettront une clef à cet effet.

Un signe extérieur, placé sur le coffret, indiquera d'ailleurs, si les Compagnies ont livré le gaz venant de leurs conduites.

Robinet principal. (Ibid., art. 5.)

Un robinet principal sera établi intérieurement à l'origine de la distribution, pour donner aux consommateurs du gaz la faculté d'intercepter l'introduction du gaz dans les appareils de distribution, malgré l'ouverture du robinet extérieur.

Compteurs. (Ibid., art. 6.)

Les compteurs qui mesurent la consommation du gaz devront être conformes aux modèles approuvés par l'Administration. Avant qu'ils ne soient mis en service, l'exactitude de leur débit sera vérifiée par les

agents de l'Administration, qui apposeront un poinçon destiné à constater le résultat favorable de la vérification.

Les compteurs seront, d'ailleurs, toujours placés dans des lieux d'accès faciles et parfaitement aérés.

Tuyaux de distribution et de consommation. (Ibid., art. 7.)

Les tuyaux de conduite et les autres appareils servant à la distribution et à la consommation du gaz doivent rester apparents, sauf les exceptions relatives à la traversée des plafonds, planchers, murs, pans de bois, cloisons, placards, espaces vides intérieurs quelconques.

Toutes les fois que les tuyaux seront ainsi dissimulés, ils devront être placés dans un manchon continu, en fer forgé ou en cuivre. Ce manchon sera ouvert à ses deux extrémités, et dépassera d'un centimètre, au moins, les parements des murs, cloisons, planchers, etc., dans lesquels il sera encastré. Le diamètre intérieur de ce manchon aura au moins un centimètre de plus que celui du tuyau qu'il enveloppera.

Le manchon pourra, toutefois, être supprimé :

1° Dans les murs en pierre de taille, lorsque le tuyau ne traversera des murs ou cloisons que sur une longueur de moins de $0^{m},20$;

2° Derrière les glaces, panneaux, etc., pourvu qu'il existe entre les murs et les panneaux, un espace libre suffisant pour l'aération.

Si un tuyau est placé suivant son axe, dans un mur, une cloison, un plafond, un parquet ou un plancher, le manchon du tuyau devra être terminé par un appareil à cuvette assurant la ventilation de l'espace libre entre le tuyau et son manchon.

L'appareil de ventilation pourra comporter, soit un tuyau droit enfermé dans le manchon, soit un tuyau courbe ; mais, dans ce dernier cas, le diamètre extérieur de l'ouverture de la boîte de ventilation devra avoir, au moins, $0^{m},07$ et sa profondeur ne pourra dépasser les deux tiers de ce diamètre. La partie courbe du tuyau devra avoir au moins $0^{m},10$ de rayon et le centre de cette courbe devra se trouver sur le plan passant par le fond de la cuvette, parallèlement à la surface du plafond.

Le raccord soutenant l'appareil à gaz devra être vissé à la cuvette et non fondu avec elle.

Les tuyaux de conduites et de distribution devront être construits en métal de bonne qualité, autre que le zinc, et parfaitement ajustés.

Brûleurs. (Ibid., art. 8.)

Chaque brûleur devra être muni d'un robinet d'arrêt dont les canillons seront disposés de manière à ne pouvoir être enlevés de leurs boisseaux, même par un violent effort.

Un taquet sera placé de manière à arrêter le canillon dans une position verticale, lorsque le robinet sera fermé.

Ventilation des pièces éclairée au gaz. (Ibid,. art. 9.)

La ventilation ne sera pas obligatoire dans les salons, salles à manger, salles de billard, chambres à coucher de maîtres, ni dans les appartements munis de cheminées d'appel spéciales, prenant l'air à la partie supérieure des pièces à ventiler et débouchant au-dessus de la toiture. Mais cette exception ne s'étendra pas aux arrière-boutiques, soupentes, entre-sols et sous-sols, en communication directe et permanente avec les boutiques, magasins, bureaux ou ateliers.

Ventilation des grandes salles et ateliers. (Ibid., art. 10.)

L'administration, après avoir entendu les intéressés, déterminera, dans chaque cas, le mode de ventilation à adopter pour les pièces, salles ou ateliers, occupant un espace de plus de 1000 mètres cubes, en tenant compte de la disposition des lieux, de l'importance de la consommation du gaz et des moyens de ventilation existant déjà pour d'autres besoins que ceux de l'éclairage.

Mode de ventilation des saillies lumineuses et fermées. (Ibid., art. 11, et Arrêté du 18 février 1862, art. 13.)

Les montres, placards et autres espaces fermés, contenant des brûleuru ou traversés par des conduites et les caissons renfermant les compteurs lorsqu'il en est établi, devront être ventilés par deux ouvertures de 50 centimètres carrés, au moins, chacune [1].

Ces ouvertures seront placées l'une dans la partie haute, l'autre dans la partie basse du local à ventiler et devront communiquer, autant que possible, l'une avec l'intérieur, avec l'autre l'extérieur des locaux éclairés.

Dans le cas où cette dernière disposition serait impraticable et où les deux ouvertures seraient établies à l'intérieur, la superficie de chacune devra être portée à un décimètre carré.

Visite des installations. (Ibid., art. 12.)

L'administration fera visiter les installations de gaz par ses agents, chaque fois qu'elle le jugera convenable. Dans leurs visites, ces agents s'assureront du bon état de toutes les parties des appareils et des conduites et constateront, au moyen du manomètre adapté au compteur, s'il n'y a pas de fuite.

En cas de contravention et sur le vu du procès-verbal dressé par ses agents, l'Administration fera, au besoin, suspendre l'emploi du gaz, et prescrira les mesures nécessaires pour arrêter les fuites et réparer les conduites ou appareils.

La recherche des fuites par le flambage est formellement interdite, même en plein air ou dans les lieux parfaitement ventilés.

[1] Soit un cercle de $0^m,08$ de diamètre ou un carré de $0^m,071$ de côté.

Mesures particulières aux lieux de réunions publiques.
(Ibid., art. 13.)

Les directeurs de théâtre et autres établissements faisant usage des compteurs de 100 becs et au-dessus seront tenus de s'assurer journellement, avant l'allumage, de l'état de leurs appareils d'éclairage : le résultat constaté sera inscrit, chaque jour, sur un registre qui devra être présenté à toute réquisition des agents de l'éclairage. Si des fuites sont révélées, elles seront aussitôt recherchées et étanchées.

Dispositions à prendre pour l'emploi du gaz comme force motrice.
(Arrêté du 18 février 1862, art. 18.)

Toute personne voulant employer du gaz pour mettre des machines en mouvement, ou voulant en faire usage d'une manière intermittente, devra isoler ses prises de gaz de la canalisation de la rue par un régulateur gazométrique dont les dimensions seront déterminées par l'Administration.

Avis à donner par les compagnies en cas d'accident.
(Arrêté du 18 février 1862, art. 19.)

La Compagnie qui aura reçu avis d'un accident sera tenue d'envoyer immédiatement sur les lieux, et d'en informer aussitôt le Directeur de la voie publique et des promenades.

Remise aux Abonnés des règlements et des instructions.
(Arrêté du 18 février 1862, art. 20.)

Un exemplaire du présent arrêté et des instructions relatives aux précautions à prendre pour l'emploi du gaz sera délivré aux abonnés, en même temps que leur police d'abonnement, par les soins des Compagnies.

Répression des contraventions. (Arrêté du 2 avril 1868, art. 14.)

Les contraventions aux dispositions du présent arrêté seront constatées par des procès-verbaux qui seront déférés aux tribunaux compétents, sans préjudice des mesures administratives auxquelles ces contraventions pourront donner lieu, notamment la suppression des branchements particuliers, lesquels, dans ce cas, ne seront rétablis que sur une nouvelle autorisation.

Les poursuites pour infraction aux dispositions précédentes seront dirigées, à défaut de la déclaration prescrite par le paragraphe 2 de l'article 1er, contre ceux qui auront formé la demande ou obtenu l'autorisation exigée par le même article, nonobstant tout changement de propriétaire ou locataire.

INSTRUCTIONS

RELATIVES A L'ÉCLAIRAGE ET AU CHAUFFAGE PAR LE GAZ AINSI QU'AUX PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR SON EMPLOI

Pour que l'emploi du gaz n'offre aucun inconvénient, il importe que les becs n'en laissent échapper aucune parcelle sans être brûlée.

On obtiendra ce résultat pour l'éclairage en maintenant la flamme à une hauteur modérée (8 centimètres au plus), et en la contenant dans une cheminée en verre de 20 centimètres de hauteur; un régulateur de pression, permettant de régler automatiquement la dimension des flammes, rendra de réels services et diminuera la consommation.

Les lieux éclairés ou chauffés doivent être ventilés avec soin, même pendant l'interruption de la consommation, c'est-à-dire qu'il doit être pratiqué, dans chaque pièce, des ouvertures communiquant avec l'air extérieur, par lesquelles le gaz puisse s'échapper en cas de fuite ou de non-combustion.

Ces ouvertures, au nombre de deux, devront, autant que possible, être placée l'une en face de l'autre, la première immédiatement au-dessous du plafond, et la seconde au niveau du plancher.

Sans cette précaution, le gaz pourrait s'accumuler dans les appartements et occasionner de graves accidents.

Les robinets doivent être graissés intérieurement de temps à autre, afin d'en faciliter le service et d'en éviter l'oxydation.

Pour l'allumage, il est essentiel d'ouvrir d'abord le robinet principal et de présenter la lumière successivement à l'orifice de chaque bec, au moment même de l'ouverture de son robinet, afin d'éviter tout écoulement de gaz non brûlé.

Pour l'extinction, il convient d'abord de fermer chacun des brûleurs, et ensuite le robinet principal intérieur, qu'il est indispensable d'avoir à l'entrée du gaz dans les appartements. En tenant ce robinet fermé dès qu'on ne fait plus usage du gaz, on est à l'abri de tout accident.

Dès qu'une odeur de gaz donne lieu de penser qu'il existe une fuite, on peut, dans beaucoup de cas, déterminer le point où elle se trouve, en étendant avec un linge ou un pinceau un peu d'eau de savon sur les tuyaux ; là où il y fuite, il se forme une bulle et, pour empêcher l'écoulement du gaz, il suffit de boucher le trou avec un peu de cire molle. Une réparation plus sérieuse doit d'ailleurs être faite le plus tôt possible.

Dans tous les cas, il convient d'ouvrir les portes et les croisées, pour établir un courant d'air, et de fermer les robinets intérieur et extérieur; de plus, on doit aussitôt en donner avis au Directeur de la voie publique et des promenades, à l'appareilleur et à la Compagnie.

Le consommateur doit bien se garder de rechercher lui-même les fuites par le flambage, c'est-à-dire en approchant une flamme du lieu présumé de la fuite. Les fabricants d'appareils doivent également s'en abstenir.

Dans le cas où, soit par imprudence, soit accidentellement, une fuite de gaz aurait été enflammée, il conviendra, pour l'éteindre, de fermer les robinets de prise extérieurs.

Il arrive parfois que, par suite de contre-pentes dans les tuyaux de distribution, les condensations s'accumulent dans les points bas et interceptent momentanément le passage du gaz, dont l'écoulement devient intermittent ; les becs situés au delà de la portion engorgée s'éteignent, puis, si le gaz, par l'effet d'une augmentation de pression, parvient à franchir cet obstacle, il s'échappe des becs sans brûler, et se répand dans les appartements, où il devient une cause de graves dangers.

Pour les prévenir, il importe d'établir à tous les points bas des moyens d'écoulement pour ces condensations.

Lorsqu'on exécute dans les rues des travaux d'égouts, de pavage, de trottoirs ou de pose de conduites, les consommateurs au-devant desquels ces travaux s'exécutent feront bien de s'assurer que les branchements qui leur fournissent le gaz ne sont point endommagés ni déplacés par ces travaux, et, dans le cas contraire, d'en donner connaissance à la compagnie d'éclairage et à l'Administration municipale.

La Compagnie parisienne du gaz et en général toutes les compagnies établissent gratuitement des colonnes montantes, branchées sur la conduite principale, sur la demande des intéressés, dans les deux cas suivants.

1° Quand le propriétaire s'engage à établir à ses frais, dans trois appartements de sa maison, trois installations de gaz composées chacune de trois becs au moins et de la plomberie ou canalisation nécessaire pour les alimenter.

Un raccord préparé pour un appareil de chauffage est admis comme un bec et peut être compris dans l'installation de trois becs.

L'installation n'est considérée comme faite que lorsque les appareils sont en place et prêts à fonctionner.

Il n'est pas accordé de prime au propriétaire pour ces trois installations; mais, pour chaque installation semblable faite en

plus, dans un autre appartement de la même maison, avant la mise en location, il reçoit de la Compagnie une prime de 30 francs.

Cette première combinaison est généralement appliquée aux maisons neuves ou en construction, le propriétaire ayant intérêt à profiter du moment où les appartements ne sont pas encore occupés pour faire établir la conduite montante. Mais un propriétaire peut également faire poser une conduite dans une maison habitée, aux mêmes conditions, c'est-à-dire en s'engageant à faire trois installations, comme il est dit ci-dessus. La Compagnie lui alloue, dans ce cas comme dans l'autre, une prime de 30 francs pour chaque installation supplémentaire.

Toutefois, cette combinaison n'est applicable que si le propriétaire consent à acheter tous les branchements afin d'exonérer les futurs abonnés des frais de location.

2° La Compagnie établit gratuitement une conduite montante dans une maison quand un ou plusieurs locataires s'engagent à signer des polices d'abonnement pour faire usage du gaz, et à établir, dans les appartements qu'ils occupent, des installations d'une importance telle que la Compagnie trouve l'éclairage probable suffisamment productif.

Dans ce cas, la Compagnie accorde des primes de 30 francs pour chaque installation d'un minimum de trois becs mis en service, et ces primes sont délivrées au propriétaire ou aux locataires qui en ont fait les frais.

On voit la différence qui existe entre ces deux combinaisons; dans le premier cas, la Compagnie établit une conduite en vue d'abonnements futurs, à la condition que le propriétaire établira à ses frais un matériel d'éclairage avant l'entrée des locataires; dans le second, la Compagnie établit une conduite pour une consommation de gaz immédiate.

Dans les maisons déjà pourvues de conduites montantes, chaque installation nouvelle dans un appartement où des appareils n'ont pas encore été établis, donne également droit à une prime de 30 francs.

La prime de 30 francs n'est donc accordée qu'une fois pour le même appartement et à la personne qui a fait les frais de la première installation. Les locataires qui se succèdent ensuite dans cet appartement n'ont pas droit à la prime, quelque modification qu'ils apportent à l'installation.

Les primes doivent être réclamées dans un délai de trois mois après l'installation ou l'abonnement qui confèrent un droit à la prime.

Enfin, la Compagnie accorde une prime de 50 francs aux appareilleurs, agréés par elle, qui se chargent d'établir à leurs frais, risques et périls, et à la condition d'en faire l'abandon gratuit au propriétaire, un appareillage de deux becs qui reste la propriété de ce dernier.

Dans tous les cas la Compagnie fournit gratuitement à titre de prêt un fourneau de cuisine à l'abonné qui en fait la demande sans autre obligation pour lui que de l'entretenir et de le restituer à la Compagnie à l'expiration de son abonnement.

La distribution du gaz dans une ville se fait au moyen de conduites dont les diamètres sont en rapport avec la consommation de gaz par les abonnés.

Tous les abonnements sont branchés sur ces conduites principales et le gaz est amené au compteur par un tuyau de plomb d'un diamètre variable suivant la capacité du compteur; cette conduite est appelée branchement. Ce branchement est amené d'abord à un coffre renfermant le robinet extérieur [1], et repartant de là va directement au compteur.

Le *compteur* se place suivant les cas, à l'arrivée du branchement extérieur quand le bâtiment appartient à un seul abonné, ou après la prise sur la colonne montante, là où il y a plusieurs abonnés, comme dans une maison de rapport par exemple.

Le compteur est un appareil qui sert à mesurer les quantités de gaz qui le traversent : c'est un instrument entièrement clos, sauf un tuyau pour l'arrivée du gaz, et un autre pour la sortie. Dans l'intérieur, est disposée sur un axe une roue d'un diamètre calculé, creuse à l'intérieur, et qui ressemble assez à la caisse d'un tambour. L'intérieur de cette roue est divisée en compartiments disposés de telle façon qu'ils se remplissent et se vident successivement. Cette roue, que l'on appelle le *volant*, est plongée dans l'eau jusqu'à une certaine hauteur ; cette eau empêche les compartiments de communiquer entre eux.

Quand le gaz arrive dans l'appareil, il trouve hors de l'eau l'ouverture d'un des compartiments, il y pénètre, remplit le compartiment, et comme les cloisons sont disposées en hélice, de telle sorte que l'ouverture de sortie est immergée du côté opposé, le gaz, par sa force d'impulsion, fait tourner le volant pour dégager l'ouverture de sortie et s'échapper ; au moment où le premier compartiment se vide, le deuxième se remplit, et ainsi de suite, tant que le gaz arrive et que les robinets des becs sont ouverts. Si tous les robinets étaient fermés, le gaz n'ayant pas d'issue, l'appareil ne marcherait pas.

[1] Voir à l'arrêté-règlement le « *Robinet extérieur* ».

TUYAUX EN FER, EN

Poids du mètre courant calculés

Ces tuyaux se font en plomb par longueurs de :	DIAMÈTRES INTÉRIEURS en millimètres	ÉPAIS														
		$0^m,0015$			$0^m,002$			$0^m,0025$			$0^m,003$			$0^m,0035$		
		Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre
		kil.	kil.	kil	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Couronnes de $10^m,00$	10	0,42	0,65	0,47	0,58	0,85	0,62	0,69	1,00	0,73	0,96	1,40	1,02	1,13	1,65	1,19
	12	0,52	0,75	0,55	0,62	0,90	0,72	0,90	1,30	0,95	1,10	1,60	1,16	1,38	2,00	1,4[illegible]
	13	0,58	0,85	0,62	0,69	1,00	0,73	0,96	1,40	1,02	1,24	1.80	1,31	1,41	2,05	1.49
	16	0,76	1,10	0,80	0,90	1,30	0,95	1,13	1,65	1,19	1,38	2,00	1,45	1,57	2,40	1,75
	18	0,90	1,30	0,95	1,03	1,50	1,09	1,24	1,80	1,31	1,53	2.20	1,60	1,79	2,60	1,89
	20	»	»	»	1,17	1,70	1,24	1,38	2,00	1,45	1,68	2,45	1,78	2,03	2,95	2,15
	25	»	»	»	»	»	»	1,57	2.40	1,75	2,06	3,00	2,18	2,44	3,55	2,5[illegible]
	27	»	»	»	»	»	»	1,89	2,75	2,00	2,16	3,15	2,29	2,60	3,80	2,76
	30	»	»	»	»	»	»	2,20	3,20	2,33	2,41	3,50	2,55	2,89	4,20	3,05
	35	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2,76	4,00	2,91	3,30	4,80	3,49
de $7^m,00$ à $8^m,00$	40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3,44	5,00	3,63
	45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	50	»	»	»	»	«	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	55	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
$4^m,00$	60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	65	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	70	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	80	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	95	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	110	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

LOMB ET EN CUIVRE

après la densité des métaux

SEURS

0m,004			0m,0045			0m,005			0m,006			0m,007		
Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre	Fer	Plomb	Cuivre
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1,38	2,00	1,45	1,58	2,30	1,67	1,82	2,65	1,93	2,34	3,40	2,47	»	»	»
1,53	2,20	1,60	1,79	2,60	1,89	2,06	3,00	2,18	2,65	3,85	2,60	»	»	»
1,72	2,50	1,82	1,94	2,80	2,04	2,20	3,20	2,33	2,75	4,00	2,91	3,44	5,00	3,63
2,06	3,00	2,18	2,23	3,25	2,36	2,54	3,70	2,69	3,23	4,70	3,42	3,92	5,70	4,14
2,13	3,10	2,25	2,44	3,55	2,58	2,75	4,00	2,91	3,50	5,10	3,71	4,26	6,20	4,51
2,34	3,40	2,47	»	»	»	3,06	4,45	3,24	3,79	5,50	4,00	4,64	6,75	4,81
2,85	4,15	3,02	»	»	»	3,67	5,35	3,89	4,57	6,65	4,83	5,50	8,00	5,81
3,02	4,40	3,20	»	»	»	3,88	5,65	4,11	4,81	7,00	5,09	5,77	8,40	6,11
3,23	4,90	3,56	»	»	»	4,29	6,25	4,54	5,29	7,70	5,60	6,35	9,25	6,73
3,81	5,55	4,03	4,36	6,35	4,62	4,81	7,15	5,20	6,01	8,75	6,36	7,21	10,50	7,63
4,30	6,25	4,54	4,81	7,15	5,20	5,50	8,00	5,81	6,77	9,85	7,16	8,07	11,75	8,54
»	»	»	5,46	7,95	5,78	6,11	8,90	6,47	7,52	10,95	7,96	8,93	13,00	9,45
»	»	»	6,04	8,75	6,36	6,73	9,80	7,13	8,25	12,00	8,72	9,68	14,10	10,25
»	»	»	6,73	9,80	7,13	7,35	10,70	7,78	8,96	13,05	9,49	10,55	15,35	11,16
»	»	»	»	»	»	7,97	11,60	8,43	9,68	14,10	10,25	11,47	16,70	12,14
»	»	»	»	»	»	8,52	12,40	9,02	10,37	15,10	10,98	12,36	18,00	13,09
»	»	»	»	»	»	9,17	13,35	9,70	11,16	16,25	11,81	13,19	19,20	13,96
»	»	»	»	»	»	10,41	15,15	11,02	12,64	18,40	13,38	14,90	21,70	15,78
»	»	»	»	»	»	12,23	17,80	12,94	14,84	21,60	15,70	17,48	25,45	18,50
»	»	»	»	»	»	14,08	20,50	15,10	17,04	24,80	18,03	20,06	29,20	21,23

Si maintenant on admet que chaque compartiment, une fois hors de l'eau, présente une capacité déterminée qui se remplit de gaz et l'axe du volant, en tournant, communique le mouvement à un mécanisme d'horlogerie basé sur le rapport des roues on comprendra que la marche de l'aiguille des cadrans indique des quantités consommées en parfait rapport avec le nombre des compartiments de volant qui se sont successivement remplis et vidés pendant la durée de l'éclairage.

C'est un mécanisme fort ingénieux ; mais, pour que le mesurage du gaz soit constamment exact et que l'écoulement du gaz ne soit pas interrompu, il faut que la partie des compartiments qui reçoit et mesure le gaz soit toujours la même, et pour cela l'eau doit être constamment maintenue à son niveau normal.

DIAMÈTRE INTÉRIEUR des raccords		VOLUME D'EAU au niveau normal	
Becs	Diamètre	Becs	Litres
3	13	3	6
5	20	5	10.5
10	25	10	20
20	30	20	38
30	37	30	65
40	43	40	75
60	43	60	115
80	50	80	143
100	50	100	190
150	55	150	224
200	80	200	450
300	100	300	650
400	125	400	800
500	150	500	1050

Pour mettre l'eau, il faut retirer le bouchon du haut celui du bas et celui du côté. On verse alors de l'eau par l'orifice du haut jusqu'à ce qu'elle sorte par l'orifice du côté ce qui marque que le niveau voulu est atteint.

On remet alors les trois bouchons en place.

Pendant ces opérations, il est indispensable que le robinet d'arrivée soit fermé et celui de sortie ouvert. Il est nécessaire d'ouvrir deux ou trois becs pour permettre la circulation de l'air pendant le remplissage afin que la circulation puisse s'établir.

Arrêt du compteur par la gelée. — Il arrive parfois, dans la saison rigoureuse, que l'eau qui est contenue dans le compteur se congèle lorsque celui-ci est exposé sans précautions aux variations de la température, quand l'eau est ainsi gelée, le compteur ne fonctionne pas, et l'on ne peut pas obtenir de gaz. La seule chose à faire alors est de prévenir immédiatement la Compagnie ou un appareilleur qui, seuls, peuvent prendre les mesures nécessaires pour que l'éclairage ait lieu. Le moyen habituellement employé en pareille circonstance con-

siste à entourer le compteur de vieux linges et à verser dessus de l'eau bouillante, opération longue et que les dispositions du local ne permettent pas toujours d'employer.

Le plus sage sera donc de s'en rapporter à l'expérience et aux prescriptions de la Compagnie.

Pour éviter de semblables ennuis, il vaut mieux prendre quelques précautions que nous allons indiquer lorsque l'on voit l'hiver s'approcher.

La première et la plus simple, c'est de revêtir le compteur d'une enveloppe isolatrice; c'est un vêtement épais de feutre qui protège le compteur contre le froid sans nuire aux exigences du service.

A défaut de cette enveloppe, le compteur étant, le plus souvent, renfermé dans une espèce de niche ou de boîte, on pourra se borner à l'entourer d'une couche épaisse de paille ou de foin ; mais, lorsque le compteur est à découvert, il est souvent préférable de mélanger à l'eau qu'il contient une substance qui permet au liquide de résister à de basses températures ; c'est ainsi qu'on a proposé d'employer de l'eau salée, de l'eau mélangée d'alcool, enfin un mélange d'eau et de glycérine.

L'emploi de l'eau salée n'est pas toujours efficace, on lui préfère généralement l'alcool ; mais le prix de l'alcool est assez coûteux, d'autant plus qu'il en faut un demi-litre par bec de capacité du compteur ; outre cette dépense, l'alcool a la propriété de se vaporiser avec facilité, de sorte que le niveau normal s'altère au préjudice de l'exactitude de l'instrument ; et de plus, l'alcool peut exercer une action nuisible sur les métaux.

MÉLANGE D'ALCOOL ET D'EAU
POUR ABAISSER A DIVERS DEGRÉS LA CONGÉLATION
DE L'EAU DES COMPTEURS.

ALCOOL	EAU	GELÉE
1 litre	20 litres	2 degrés
1 —	10 —	5 —
1 —	5 —	8 —
1 —	3 —	11 —

Nota : Demi-litre d'alcool par bec protège jusqu'à moins 15° centigrades.

Mais tous ces mélanges sont inutiles lorsque l'on a la pré-

caution de revêtir, dès l'automne, le compteur de l'enveloppe isolatrice ou de l'entourer dans un bourrage de foin, de mousse, de ouate ou de chiffons de laine ; c'est encore le moyen le moins coûteux et le plus efficace.

Les compteurs se placent sur des tablettes soutenues par deux petites consoles en fer ou en fonte. Ils sont scellés au ciment sur cette planchette.

Un manomètre est ajouté au compteur pour permettre de constater les fuites dans la canalisation.

Nota : Un compteur devrait être placé toujours en contre-bas des appareils brûleurs, et la canalisation devrait être établie en pente de manière à ce que la condensation qui ne peut manquer de se produire dans les tuyaux fasse retour au compteur.

DIMENSIONS DES COMPTEURS (La hauteur comprend jusqu'aux raccords.)				VOLUME DÉBITÉ A L'HEURE Vitesse normale 100 révolutions.	
Becs.	Largeur.	Hauteur.	Profondeur.	Becs.	Litres.
3	0,30	0,35	0,25	3	420
5	0,39	0,42	0,27	5	700
10	0,45	0,50	0,33	10	1 400
20	0,52	0,61	0,40	20	2 800
30	0,60	0,69	0,47	30	4 200
40	0,68	0,78	0,49	40	5 600
60	0,75	0,80	0,65	60	8 400
80	0,82	0,88	0,68	80	11 200
100	0,87	0,93	0,70	100	14 000
150	0,95	1,00	0,85	150	21 000
200	»	1,05	1,15	200	28 000
300	»	1,15	1,35	300	42 000
400	»	1,25	1,40	400	56 000
500	»	1,36	1,50	500	70 000

Colonne montante. — Dans les maisons de rapport, la colonne montante est branchée directement sur la conduite publique, et c'est d'elle que partent les différents branchements secondaires qui doivent desservir séparément chaque appartement.

Canalisation. — Elle se fait en fer avec raccords en T, en +, etc. Le plomb est un métal contre lequel le gaz n'a aucune action chimique, il est donc très propre à faire une bonne canalisation surtout pour les petits diamètres.

La canalisation se dispose suivant les exigences spéciales imposées par le plan du local et les nécessités de l'éclairage. Au

départ du compteur on emploie un tuyau à grand diamètre qu'on diminuera au fur et à mesure qu'on s'éloignera du compteur, soit en hauteur, soit horizontalement. Toutes les conduites secondaires sont branchées sur celle-ci, et portent greffés d'autres petits tuyaux de moindre diamètre.

Les tuyaux de plomb les plus employés sont les suivants :

DIAMÈTRE INTÉRIEUR	ÉPAISSEUR
0m,010	0m,002
0 ,013	0 ,002
0 ,015	0 ,002
0 ,020	0 ,0025
0 ,025	0 ,003
0 ,030	0 ,003
0 ,035	0 ,0035
0 ,040	0 ,004
0 ,045	0 ,005
0 ,050	0 ,005
0 ,055	0 ,005
0 ,060	0 ,005
0 ,070	0 ,005
0 ,080	0 ,005

Lorsque le tuyau de plomb est arrivé à l'endroit où l'on veut mettre un brûleur, on scelle dans le mur à l'aide de plâtre, une patère en bois, sur laquelle on fixe le raccord en cuivre qui est soudé à l'extrémité du plomb.

Les tuyaux sont greffés les uns sur les autres au moyen de soudures dites *nœuds de soudures,* et qui portent différentes dénominations.

Nœud de jonction. — Quand les tuyaux sont unis bout à bout par une soudure.

Nœud d'empattement. — Quand un tuyau est greffé perpendiculairement sur un autre (on dit aussi *tuyau repiqué*).

Nœud de tamponnage. — Lorsque après avoir coupé un tuyau on en ferme l'extrémité au moyen d'une soudure.

Il arrive souvent que l'on est forcé de faire plonger les tuyaux ou de les faire descendre en bas pour remonter ensuite ; dans ces deux cas il faut toujours mettre un purgeur au point le plus bas de manière à pouvoir évacuer les produits de la condensation. (On désigne ce purgeur sous le nom de siphon).

Nous avons dit plus haut que les diamètres des tuyaux principaux étaient subordonnés au nombre de brûleurs et par conséquent au compteur lui-même.

A titre d'exemple, voici quelques descriptions d'installations de canalisation intérieure en plomb de diamètres proportionnés au nombre de brûleurs.

Les compteurs de 3, 5, 10 becs sont généralement employés dans les maisons de rapport munies de colonnes montantes (plomb de 0m,04 et 0m,05).

Si la canalisation est faite en cuivre, ce sont de même les dia-

mètres intérieurs qui comptent. Il faut un plomb de $0^{m},020$ pour un chauffe-bain, et un plomb de $0^{m},016$ environ pour un poêle à gaz de force moyenne.

Compteur 5 *becs.*

Arrivée au compteur	plomb de	$0^{m},020$	de diamètre intérieur
Départ du compteur	—	0,016	—
Distribution aux brûleurs	—	0,013 et 0,010	—

Compteur 10 *becs.*

Arrivée au compteur	plomb	0,025	de diamètre intérieur.
Départ du compteur	—	0,018	—
Distribution aux brûleurs	—	0,013, 0,010, 0,007	—

Compteur 20 *becs.*

Arrivée au compteur	plomb de	$0^{m},30$	de diamètre intérieur
Départ du compteur	—	0,027, 0,020, 0,016	—
Distribution aux brûleurs	—	0,013, 0,010, 0,007	—

Compteur 30 *becs.*

Arrivée du compteur	plomb	0,040	de diamètre intérieur
Départ du compteur	—	0,035, 0,030, 0,025, 0,020	—
Distribution aux brûleurs	—	0,013, 0,010, 0,007,	—

Appareils. — L'appareil le plus simple est le robinet *porte-caoutchouc*, qui sert au moyen d'un tube en caoutchouc à transporter le gaz à une lampe, à un poêle ou à un fourneau. Viennent ensuite : les *genouillères*, simples, doubles ou triples, suivant qu'elles sont à un, deux ou trois mouvements ; les *bras* qu'on emploie dans les couloirs, les escaliers, etc., les *lyres*, avec ou sans abat-jour, qui servent à l'éclairage des cuisines, offices, etc., etc.

Becs. — Il faut, pour choisir un bec, tenir compte de la pression dont on dispose et de la qualité du gaz.

Plus un gaz est riche en carbone, moins il est dense et plus l'orifice de sortie doit être petit. Lorsque le gaz est riche en carbone, le meilleur pouvoir éclairant est donné par le bec à trou ou à queue de poisson ; dans le cas contraire, c'est-à-dire quand le gaz est pauvre en carbone, le meilleur rendement est donné par le bec fendu ou bec papillon.

On emploie de plus un grand nombre de becs spéciaux, présentant tous des qualités particulières. Mais, pour faire un choix

judicieux, il sera toujours prudent de se rendre compte des avantages par examen spécial ou par expérimentation.

Cependant nous emprunterons à l'excellent ouvrage de M. Henri Maréchal l'*Éclairage à Paris* les lignes suivantes, qui dans une certaine mesure pourront permettre à nos lecteurs de choisir le système de bec le plus approprié à l'usage qu'on veut en faire :

« Les becs les plus employés à Paris pour l'éclairage des particuliers sont des becs à double courant d'air avec cheminée, se rattachant au type Bengel ou Argand. Leur rendement est de 105 litres à l'heure, par carcel.

Les becs papillons sont aussi très usités. Et non seulement on les rencontre dans les cuisines, les escaliers, les couloirs... c'est-à-dire dans les locaux où l'on n'a pas besoin d'un éclairage aussi soigné que dans un bureau ou une salle à manger, par exemple, mais ils peuvent être employés avec succès dans les lustres et les girandoles. Leur flamme vive, animée, est incontestablement très décorative. Tous ces becs papillons consomment environ 140 litres de gaz par heure et par carcel.

Les becs bougies se placent surtout dans les suspensions riches de salle à manger, comme accompagnement au bec central. L'intérêt du consommateur est de les éliminer le plus possible, en raison de leur mauvais rendement (200 litres par carcel).

Enfin nous devons signaler toute une série de becs à récupération avec flamme horizontale tels que les becs Wenham, Danichewski, Cromartie, etc... Le rendement lumineux de ces appareils atteint de 35 à 50 litres par carcel, suivant le calibre. Ils présentent en outre l'avantage de pouvoir servir à la ventilation des pièces.

La Compagnie parisienne en a fait une expérience pratique très concluante dans ses magasins de la rue Condorcet. Il a été démontré que non seulement on pouvait évacuer complètement les produits de la combustion, mais encore que la chaleur dégagée par le gaz, en brûlant, permettait de produire un tirage suffisant pour renouveler complètement l'air de ces magasins en deux heures.

Le système consiste à monter les lampes au-dessous de fausses poutres courant le long du plafond et formant un canal d'évacuation. Ce canal est en communication directe avec les cheminées des lampes ; d'autre part, il aspire par un petit tube débouchant sous le plafond l'air des couches supérieures qui sont naturellement les plus chaudes. L'air frais s'introduit par des vasistas... « On construit maintenant d'autres becs utili-

sant directement la lumière par certains corps autres que le carbone, portés à l'incandescence. Dans ces becs le gaz n'intervient que comme agent de chauffage. Il doit alors, pour produire le plus de chaleur possible, être mélangé à un excès d'air comme dans les fourneaux de cuisine ou dans les becs Bunsen de laboratoire. Le difficile est de trouver des corps qui puissent être portés au blanc très rapidement et qui soient en outre inoxydables ou indécomposables par la chaleur.

« Dans le *bec Sellon* on emploie une mèche en toile de platine iridiée.

« Le *bec Clamond*, amélioré, comporte une couronne de magnésie suspendue sous un récupérateur de chaleur, analogue à celui des lampes à récupération.

« Ces deux becs ont un bon rendement lumineux, mais ils nécessitent un entretien dispendieux.

« Le *bec Auer*, au contraire est d'un fonctionnement très satisfaisant. Il se compose d'un bec, brûlant un mélange d'air et de gaz dans la proportion de 1 volume de gaz pour 2,88 volumes d'air et d'un petit treillage très léger en forme de manchon, que la chaleur dégagée par la combustion porte à l'incandescence.

« Le bec proprement dit est un bec Bunsen ordinaire surmonté d'une petite chambre dans laquelle se fait le mélange de l'air et du gaz dans les proportions voulues.

« Le manchon se fabrique de la manière suivante : on commence par couper dans de longues mèches en très bon coton tressé à la machine à main, des morceaux de $0^m,15$ de longueur. Chaque morceau doit donner plus tard un manchon. On le renforce à l'une de ses extrémités avec un morceau de tulle et on le nettoie à vif, d'abord avec une solution ammoniacale, puis avec une solution très étendue d'acide chlorhydrique, puis enfin avec de l'eau distillée. On le plonge ensuite dans une dissolution incolore d'azotates métalliques (thorium, zircone, yttrium, etc...) et, quand il en a été bien imprégné, on le retire avec des gants en caoutchouc. Cette précaution est nécessaire, car la dissolution attaque la peau. On passe dans un petit laminoir en caoutchouc afin de bien exprimer le liquide en excès et l'on sèche au-dessus d'une lampe de gaz. Un fil d'amiante est alors passé dans le tube et permet de suspendre le manchon à une tige en nickel. On donne au manchon une forme conique en l'enfonçant dans un moule en bois, et il n'y a plus qu'à procéder à l'opération la plus délicate qui consiste dans l'incinération du coton et dans la réduction des azotates en oxydes. On obtient ce résultat en exposant le man-

chon pendant quelques minutes à une flamme très chaude, produite par un jet de gaz comprimé à la pression de 1 mètre 1/2 d'eau.

« Il ne reste alors qu'un tissu très léger composé exclusivement de matières minérales.

« Le rendement lumineux du bec Auer est excellent. Il est de 20 à 25 litres à l'heure, par carcel. Le bec dégage en outre peu de chaleur et il vicie beaucoup moins l'air que les becs ordinaires.

« Malheureusement il est d'une fragilité excessive. On ne peut, pour cette raison, l'allumer brutalement et il faut se servir d'un allumoir spécial, constitué ordinairement par une petite mèche de coton imbibée d'alcool que l'on place à la partie inférieure du verre. En allumant le bec par le haut, comme un bec Bengel, on pourrait craindre que la petite explosion, que produit dans tous les becs à cheminée un tel mode d'allumage, ne fît tomber le manchon en poussière. »

PEINTURE, DORURE, TENTURE

Il y a dans le bâtiment deux sortes de peintures distinctes : celle qui est destinée à conserver les matériaux, et celle qui doit faire ou contribuer à faire la décoration.

Chacune de ces peintures peut se faire de deux manières différentes suivant le travail qu'on se propose d'obtenir, à la chaux et à la colle ou détrempe et à l'huile.

Apprêts, travaux prèparatoires. — La peinture est la dernière opération et marque l'achèvement complet d'une construction. Mais on comprend que tous les corps d'état qui ont précédé doivent laisser l'œuvre dans un état imparfait, des plâtres projetés, des trous de clous, des épaufrures, des accidents de toutes sortes sont à réparer. De plus, les bois sont rugueux, les plâtres ne présentent pas des surfaces parfaitement unies. Le peintre doit donc, avant tout, procéder à diverses opérations préparatoires successives : 1° l'*époussetage*, qui se fait à la brosse de crin, sur murs, plafonds et menuiserie ; 2° le *grattage*, destiné à enlever les plâtres projetés, les grosses inégalités, et les parties solides quelconques faisant saillie ; 3° le *rebouchage*, qui se fait au plâtre si les trous sont grands, au mastic à la colle ou au mastic à l'huile — suivant la nature des travaux ultérieurs — sur murs, plafonds et boiseries ; 4° *opérations diverses*. Dans les travaux bien faits, auparavant de

donner les couches, on enduit les surfaces devant recevoir la couleur avec un mastic étendu et assez siccatif, qui, bien ratissé, rend la surface parfaitement plane et permet au besoin l'emploi du verni. Dans les travaux soignés on emploie aussi le *ponçage*, opération qui consiste à unir au moyen de la pierre ponce, du grès à l'eau ou du papier de verre une surface déjà peinte ou enduite. Dans les travaux très soignés, il y a quelquefois dix couches de couleur ou de vernis et autant de ponçages successifs (la peinture des voitures de luxe notamment, est faite dans ces conditions).

Dans les travaux de réparation, les apprêts consistent en grattages et lavages de détrempe et de papiers; en rebouchages de colle ou d'huile; en collage de bandes de calicot sur les crevasses des plâtres, puis enduisage au couteau pour égaliser la surface.

Ouvrages à la chaux. — La peinture à la chaux s'emploie pour les parements des murs extérieurs. On éteint la chaux dans l'eau en y ajoutant un peu d'alun et de térébenthine, — en Orient on se contente de jeter dans la chaux vive une certaine quantité de suif — ce mélange doit être étendu par couches légères.

Il existe de nombreuses formules pour la composition du badigeon; il y en a dans lesquelles il entre même du fromage blanc, des pommes de terre, etc., mélanges très ingénieux et peut-être très bons, mais qui aussi sont rarement employés. On a obtenu un bon badigeon avec le composé suivant : 17 litres de chaux vive en pierre, qu'on fait éteindre dans de l'eau bouillante en ayant soin de couvrir. On passe cette liqueur au tamis fin et on y ajoute 9 litres de sel blanc dissous au préalable dans l'eau chaude, 1 kilogramme et demi de farine de riz en bouillie et très chaude, $0^{kg},225$ de blanc d'Espagne en poudre et $0^{kg},500$ de colle claire dissoute dans l'eau et chauffée au bain-marie. 23 litres d'eau chaude sont ajoutés, on remue bien et on laisse reposer pendant plusieurs jours. Ce badigeon s'applique très chaud; il nécessite l'emploi d'un fourneau portatif. En France on emploie toujours la chaux teintée, elle prend bien, étant éteinte, le bleu, le gris, certains rouges, mais presque toujours elle absorbe le vert et reprend le ton blanc jaunâtre. Le seul vert qui résiste est le vert de mer, on obtient par son emploi un vert d'eau d'un très bon effet.

Ouvrages à la colle. — Pour la colle ou détrempe les couleurs sont d'abord broyées à l'eau et ensuite détrempées à la colle. La détrempe, qui ne doit être employée qu'à l'intérieur,

est composée : d'eau, de colle animale et de blanc d'Espagne. Suivant le ton qu'on veut obtenir, on ajoute l'élément colorant. La détrempe sert pour les plafonds, les parois, etc. ; elle est susceptible d'un certain effet décoratif, on peut l'agrémenter de filets, de semis faits au poncif ou pochoir, de décors exécutés au pinceau, etc.

Pour être bien faite, la peinture à la colle doit être appliquée chaude et seulement sur des surfaces parfaitement sèches. Une autre précaution consiste à éviter l'emploi des eaux chargées de sulfate de chaux ; l'eau de rivière est la meilleure. Une bonne détrempe comprend au moins : une couche d'encollage et deux couches de colle teintée.

. **Ouvrages à l'huile.** — Une bonne peinture nécessite les travaux préparatoires dont nous avons parlé en commençant ; on ne fait pas de peinture solide sans les apprêts qui lui assurent une adhérence et une consistance très grandes.

L'*huile de lin* est la base de la peinture à l'huile ; on emploie pourtant aussi l'huile de noix et l'huile d'œillette.

Les principales matières employées en peinture sont :

1° Toutes les matières colorantes que le commerce livre en poudre ou broyées en pâte.

La *cire*, substance produite par les abeilles et qu'on emploie à divers usages : pour cirer les parquets, les peintures murales comme encaustique ; pour peindre à la cire ; dans ce cas, la cire est dissoute dans l'huile de térébenthine et légèrement chauffée pendant l'emploi ; pour dorer, la cire appliquée à chaud remplace la mixtion. Les doreurs se servent d'un mélange céreux pour donner au bronze la teinte d'or rouge ; c'est un composé de cire jaune, d'ocre rouge, de vert-de-gris et d'alun. La cire blanche ou vierge, qui n'a pas été fondue, sert à encaustiquer les marbres et les carrelages de couleur claire.

L'encaustique ordinaire est simplement de la cire jaune dissoute dans l'essence de térébenthine.

3° Les *colles*, matières siccatives, qui, interposées, ont la propriété de faire adhérer les objets qu'on a juxtaposés. On distingue : la *colle de pâte*, farine délayée dans l'eau, puis bouillie ; elle sert au collage des papiers ; la *colle de Flandre*, *colle de Givet*, *colle forte*, gélatine provenant de la cuisson de déchets de peau dans l'eau bouillante ; elle s'emploie en peinture, mais surtout en menuiserie ; la *colle de gant*, obtenue en faisant bouillir dans de l'eau des débris de peaux blanches, est utilisée dans la peinture à la détrempe ; la *colle de parchemin*, variante

de la précédente, qu'on emploie dans les détrempes devant recevoir un vernis ou de la dorure.

4° *Essence.* — L'essence de térébenthine provient de la distillation de la résine extraite de différents arbres, notamment du pin maritime. Cette matière dissout les corps gras et résineux ; elle sert à détremper les couleurs broyées à l'huile. Lorsqu'on doit vernir la peinture, la première couche doit être faite à l'huile pure et les deux dernières à l'essence pure. La couche de vernis consolide les couches à l'essence. Si, au contraire, la peinture ne doit pas être vernie, la première couche doit être à l'huile et les deux dernières coupées d'essence.

5° *Huiles.* — Nous allons examiner les diverses huiles employées en peinture : le *lin* fournit une huile très employée en peinture ; elle est jaunâtre et est la plus siccative des huiles non cuites ; on peut la rendre très blanche en la laissant exposée au soleil pendant la saison d'été, dans une cuvette en plomb ; l'*huile de noix*, qui devient à l'air plus belle que l'huile de lin ; elle convient employée pure pour les extérieurs ; l'*huile grasse*, provenant des végétaux et des poissons. Sa pesanteur varie de 0,89 à 0,93 ; les *huiles cuites* sont les plus siccatives ; elles sont additionnées d'environ 6 à 7 p. 100 de litharge et, autant que possible, appliquées à chaud.

6° *Litharge*, *siccatifs.* — Oxyde de plomb qui rend siccatives les huiles dans lesquelles on délaie les couleurs. On emploie aussi la *couperose*, l'*oxyde* et les *sels de manganèse*. La litharge pulvérisée augmente la siccativité d'une couleur broyée à l'huile et possédant déjà certaines qualités siccatives. On peut aussi employer le *sel de Saturne*. Le sulfate de zinc (*couperose blanche* ou *vitriol blanc*) a l'inconvénient de jaunir les couleurs. Le siccatif proposé par M. Leclaire, dit M. Chabat, est un mélange de 97 parties de blanc de zinc avec une partie de sulfate de manganèse pur, une partie d'acétate de manganèse pur et une partie de sulfate de zinc calciné. On mêle ce *siccatif* réduit en poudre impalpable dans la proportion de 1/2 à 1 p. 100 avec le blanc de zinc.

L'*huile* grasse est le meilleur des siccatifs ; on l'appelle encore huile cuite et huile lithargée et, pour la préparer, on fait bouillir à un feu doux, pendant deux heures, un mélange ainsi composé :

Huile de lin.	1k,000
Litharge	0k,030
Céruse	0k,030
Terre d'ombre.	0k,030
Talc	0k,030

On remue constamment pour que le mélange ne noircisse pas, et on l'écume quand il mousse. On laisse reposer ; l'huile s'éclaircit et on la met, pour la conserver, dans des bouteilles bien bouchées (T. Château). Les règles générales à observer dans l'emploi des siccatifs sont les suivantes :

Ne mettre le *siccatif* qu'au moment de l'applicaiion de la couleur, pour qu'il n'épaississe pas.

Si l'on veut vernir, ne mettre le *siccatif* que dans la première couche, les deux autres couches employées à l'essence devant sécher seules.

Avec les couleurs sombres on peut mettre, en la détrempant, 30 grammes de litharge pour chaque kilogramme de couleur.

Avec les couleurs claires, mettre, pour chaque kilogramme de couleur détrempée dans l'huile de noix ou d'œillette, 3 à 4 grammes de couperose blanche.

Si l'on emploie l'huile grasse, qui convient surtout pour certaines couleurs, telles que les citrons et les verts de composition, on met, par chaque kilogramme de couleur, un peu d'huile grasse et l'on détrempe le tout à l'essence pure.

D'une manière générale, plus est forte la proportion de *siccatif* employé, plus la dessiccation est rapide ; mais les couleurs contenant du *siccatif* ont peu d'adhérence et s'écaillent souvent quelque temps après leur application ; aussi ne doit-on employer les *siccatifs* que dans des cas exceptionnels ou avec des couleurs très lentes à sécher.

7° *Minium, vernis.* — Le minium est un oxyde de plomb tenant entre la litharge et l'extrait de Saturne. Il a une belle couleur rouge-orange très vive et est employé à l'huile pour *imprimer* les bois extérieurs et surtout les fers et les fontes.

Les vernis sont des substances résineuses dissoutes et tenues en suspension dans un liquide. Etendues sur les surfaces elles y adhèrent et forment une couche mince transparente et solide. On distingue plusieurs vernis : le *vernis clair* ou à l'*alcool*, le *vernis gras* ou à l'*huile;* enfin le vernis à l'essence.

Le *vernis gras* s'emploie à l'extérieur ; le *vernis à l'alcool* à l'intérieur.

On ajoute la matière colorante préalablement broyée et on coupe à l'essence, de manière à rendre le mélange plus fluide et en même temps plus siccatif. La peinture ordinaire est ordinairement composée de trois couches : la première, appelée impression, peut être d'une couleur quelconque, mais se rapprochant pourtant de la teinte qu'aura la troisième couche, de manière à éviter tout effet de transparence.

La couche d'impression se donne avant le rebouchage, les

bois, plâtres ou métaux une fois imprimés reçoivent bien mieux le mastic ou l'enduit. L'impression fait fonction d'encollage; elle est faite de céruse ou de blanc de zinc broyé et détrempé dans l'huile ; pour le fer et parfois pour le bois, cette première couche se fait au minium de plomb et les deux autres suffisent pour recouvrir.

Nous avons dit qu'il était difficile et coûteux d'obtenir des surfaces parfaitement unies et pouvant supporter le vernis sans miroiter; aussi fait-on plus généralement les peintures mates qui ont l'avantage de dissimuler les irrégularités des surfaces.

La peinture ordinaire, possédant un léger brillant, se fait à l'huile avec addition de 1/10 d'essence environ.

La peinture mate peut être faite à l'essence pure, mais en ayant soin de laisser reposer au moins deux jours le mélange, de manière à donner à l'essence le temps de *graisser*. Cette peinture est peu solide, mais est fort belle, et peut être employée dans les parties peu exposées où les frottements ou contacts ne sont pas à craindre. On lui donne plus de consistance en y ajoutant un dixième environ d'huile.

Nombre de matières colorantes présentent cet inconvénient d'être peu siccatives ; tels les noirs d'os, d'ivoire, etc., broyés à l'huile. On doit alors ajouter au mélange un siccatif.

Examinons brièvement les colorations les plus fréquemment employées :

A l'extérieur sur plâtres, les tons pierre et vert, œuf de canard, sont les plus heureux ; pour boiseries, persiennes et fontes, le gris, le brun Van-Dyck ; le noir et le vert foncé conviennent aussi pour les parties métalliques. Pour les devantures de magasin, la variété est très grande, tous les tons peuvent être employés en tenant compte de la destination dans chaque cas particulier.

A l'intérieur, prenant pour exemple une petite habitation, on peut faire :

Vestibule. — Plafond blanc, murs vert d'eau avec filets galons vert foncé, cymaise ton brun, plate ou moulurée et soubassement marbre ou vert artillerie, par panneaux deux tons. Le même peut se traiter en rouge en conservant les mêmes valeurs de tons.

On peut aussi faire, panneaux marbre avec champs, clair par le haut et plus foncé en soubassement.

Escalier. — Limon et contremarches ton chêne ou brun Van-Dyck ; barreaux, brun Van-Dyck, bronze, vert, rouge ou

jaune à l'effet, c'est-à-dire par touches sur les parties saillantes. Pour les parois, le marbre ou le granité convient mieux qu'une teinte unie parce que les accidents étant nombreux à cause de l'exiguïté de l'espace réservé aux escaliers, les réparations en raccord sont beaucoup plus faciles à faire. On obtient un heureux résultat en teintant légèrement la détrempe des plafonds d'escalier, en *crème*, *chamois*, *saumon*, etc., ce qui donne des tons chauds plus agréables que le blanc cru ordinairement employé.

Salle à manger. — Plafond saumon, s'il est uni; s'il est caissonné, tons chêne ou noyer suivant l'ameublement, fonds des caissons en rouge ou en bleu uni, avec cadres, ou avec dessins; lambris tout même bois, au-dessus, tenture vert bleuté ou rouge avec encadrement étoffe ton sur ton. Si l'on emploie le papier, prendre de préférence les jaunes gaufrés et vernis, ou des feuillages tapisserie.

Salon. — Ciel, avec ou sans décors; parois blanc et or — ce dernier discrètement employé — blanc gris perle plusieurs tons. On peut aussi faire un décor : soubassement brun Van-Dyck deux tons panneaux et champs; parois, champs brun Van-Dyck, fonds étoffe rouge encadrée de baguettes d'or; rehauts d'or sur les tapisseries.

Pour les autres pièces, d'une manière générale on emploie le gris clair, plafonds blancs, et plinthes foncées ou marbrées dans le ton des cheminées.

DORURE, PEINTURE EN DÉCORS

En architecture, la dorure s'emploie pour enrichir et mettre en lumière certains points ou certaines parties généralement de dimensions restreintes, car ce qu'il faut avant tout, c'est donner l'illusion de la richesse. On comprend facilement que le but serait dépassé si l'on dorait de trop grandes masses, qui, par leur volume, représenteraient la production d'or donnée par les mines depuis plusieurs siècles, et alors ne laissant plus la place à l'illusion, cette orgie de métal riche dénoncerait trop brutalement la pauvreté du dessous.

Il en est tout autrement lorsque la dorure est appliquée avec discrétion, qu'elle est placée au bon endroit, et que son éclat fait une heureuse opposition avec les tons qui l'accompagnent, jetant un point lumineux sur le détail qu'on se propose de mettre en relief, tels par exemple pour l'extérieur : les chapi-

teaux, les chéneaux, les balcons, les grilles, les statues, etc.; et pour l'intérieur : les moulures, les ornements sculptés, rosaces, feuilles, etc.

Rare à toutes les époques, l'or, dans les temps anciens, était réservé aux objets sacrés ou de luxe : employé massif pour les statuettes et les ornements religieux, il était aussi appliqué en lames de faible épaisseur incrustées ou fixées à l'aide de clous. Mais bientôt on voulut en multiplier les usages, et pour cela on arriva à réduire le métal en feuille d'applique d'une extrême ténuité.

Les feuilles sont livrées par le commerce en cahier (livret). Les qualités en sont multiples et comprennent depuis le cuivre jusqu'à l'or le plus pur. On distingue l'or par son titre qui indique son degré de pureté; il y a l'or jaune, l'or rouge et l'or vert.

Dorure à la cire. — C'est un vieux procédé rarement employé maintenant. Il consiste à étendre sur les parties à dorer une mixtion chaude composée de cire, d'essence de térébenthine et d'une légère addition de résine. L'ouvrier pose la feuille sur cette préparation, soit avec le pouce, s'il s'agit de cuivre dont les feuilles sont très épaisses relativement, soit avec le blaireau, s'il emploie la feuille d'or.

Dorure à l'eau ou à la détrempe. — Ce genre de dorure ne peut être employé que pour les intérieurs, la pluie et les influences atmosphériques amèneraient de rapides dégradations. Les opérations se faisant à la colle, on débarrasse d'abord l'objet à dorer de tous corps gras, au moyen d'un lessivage fait avec un liquide composé d'eau, d'absinthe en herbe, d'ail et de colle de peau, le tout bouilli ; on laisse sécher, puis on colle au *blanc clair*, qui est un composé de colle, d'eau et de blanc écrasé et tamisé ; on laisse de nouveau sécher et ensuite on *blanchit*. Cette opération consiste à donner six couches à une haute température, de blanc de Meudon additionné de colle ; on rebouche alors avec un mastic composé de blanc et de colle, et l'on ponce à la peau de chien (cette opération qui se fait pour le bois a pour but d'enlever les barbes qui auraient pu se relever). Puis on procède aux opérations suivantes : l'*adoucissage* à la pierre ponce; la *retouche* des parties sculptées ; le *dégraissage* à l'éponge ; le *jaunissage* à la colle ; l'*égrainage* à la prêle (plante recouverte d'aspérités fines et rudes) ; l'application des couches d'*assiette*, terre bolaire mélangée de sanguine et de mine de plomb ; et enfin l'on *frotte*, avec un linge

sec, les parties qui doivent rester mates, et l'on donne de nouveau deux couches de la même *assiette* sur les parties à brunir; l'ouvrage est prêt à recevoir la dorure; on le mouille avec de l'eau, et avec un pinceau plat, dit *palette à dorer*, on applique les feuilles d'or qui ont été préalablement découpées aux dimensions voulues sur le *coussin du doreur*, petite tablette, bordée de trois côtés pour que le vent n'enlève pas les feuilles, et recouverte d'un léger coussin en peau très fine.

L'or étant fixé, on exécute le *brunissage* des parties devant être brillantes; le *matage* à la colle de celles qui doivent rester mates; le *ramendage* ou retouchage, le *vermillonnage* ou application du vermeil qui donne un beau reflet. Le vermeil est composé de : roucou, de gomme gutte, de vermillon, de sang-de-dragon et de cendres gravelées. Le mélange est bouilli avec de l'eau jusqu'à obtenir une sorte de sirop, puis on le passe dans un tamis de soie et pour l'employer on l'additionne d'eau gommée.

Dorure à l'huile. — Elle se fait comme la précédente sur apprêts, soit une céruse calcinée à l'huile grasse et étendue avec de l'essence, soit à la colle. Les autres opérations préparatoires sont semblables à celles de la détrempe.

On donne alors une première couche dite d'impression, faite de deux parties de céruse, une partie d'ocre jaune et un peu de litharge broyés séparément, puis délayés dans un mélange d'huile grasse et d'essence. On laisse alors sécher, puis on passe quatre ou cinq couches du premier apprêt décrit, ou *teinte dure*, avec un jour d'intervalle entre chaque couche. Alors on adoucit avec la pierre ponce et de l'eau, puis on donne plusieurs couches de vernis à la laque, en promenant doucement un réchaud de manière à fondre les lignes qu'aurait pu laisser la brosse. Le vernis étant sec, on polit à la prêle, puis avec du tripoli délayé; enfin on passe une couche très mince d'un mordant dit *or-couleur*. L'ouvrage peut alors recevoir la dorure. L'ouvrier prend la feuille sur son coussin à l'aide de sa palette et l'applique sur la couche de mordant et la fait adhérer à l'aide d'un blaireau.

Le *brunissage* se fait au moyen d'un outil en forme de dent de loup; il est fait en acier, en silex ou en agate, c'est par le frottement qu'on obtient le poli qui donne une belle couleur à l'or.

Le *matage*, pour obtenir les parties mates ou non brillantes, se fait simplement en passant sur l'or une couche de colle de parchemin chaude.

Le *sablé*, le *granulé*, s'obtiennent en versant de petits grains de sable sur une première couche de mordant et en appliquant l'or sur une deuxième couche.

Toutes ces opérations, très longues, ne sont pas toujours indispensables ; on peut en retrancher plusieurs et même se contenter, si on a affaire à une surface suffisamment nette, d'une couche d'impression et d'une couche de mixtion mordante et d'appliquer l'or aussitôt que, séché, le vernis ou mixtion présente au doigt une surface légèrement poisseuse, c'est le mordant. On peut alors appliquer les feuilles.

L'argenture comporte les mêmes opérations, le métal seul est changé.

BRONZAGE

Le bronzage partiel, fondu, à l'effet, s'emploie pour les fers et fontes, et parfois aussi pour les bois (notamment les portes et les devantures de magasins). Ce travail se fait toujours à l'huile et, parfois, parallèlement avec la dorure. Il se fait sur une couche de mixtion ou simplement sur vernis arrivé au mordant par la dessiccation ; on étend le bronze en poudre sur l'objet avec une patte de lièvre, et pour les travaux soignés avec un morceau de velours. Dans les deux cas on bronze en plein ou bien on se contente de rehausser les parties saillantes de manière à produire l'effet de métal oxydé et brillant seulement sur les parties en saillies nettoyées et polies par le frottement.

On trouve dans le commerce des bronzes de toutes couleurs.

BOIS ET MARBRES

Tout d'abord le décorateur fait les faux bois, acajou, érable, thuya, chêne, noyer, etc., imités des bois naturels. Les faux marbres, les faux granits, etc. Ce genre de décors est toujours accompagné de moulures peintes ou vraies, de filets pour faire ressortir les tables et comporte en général un vernissage.

Semis. — C'est un très bon élément de décoration pour les grandes surfaces, rien ne vaut le semis pour dissimuler les défauts de la surface à décorer (fig. 1471).

Ce genre de décor peut trouver son application dans les cages d'escaliers d'hôtels, les salles à manger et les bibliothèques ou cabinets de travail.

Les *filets*, les *galons* sont encore des motifs de décoration,

surtout dans les réminiscences pompéïennes ou étrusques, les filets sont alors accompagnés de frises décoratives, postes, chiens-courants (fig. 1472, 1473).

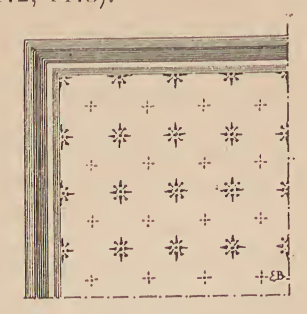


Fig. 1471.
Semis.

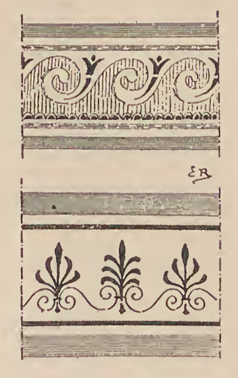


Fig. 1472, 1473.
Décors de frises.

COULEURS EMPLOYÉES EN PEINTURE

Il y a six couleurs fondamentales : le *blanc*, le *jaune*, le *rouge*, le *bleu*, le *vert* et le *noir*.

Blanc. — On distingue : le *blanc de craie* (blanc de Meudon et de Champagne), le *blanc de chaux* ou badigeon, le *blanc de baryte* qui provient du sulfate de baryte ; et à base métallique, le *blanc de plomb* ou *céruse* (carbonate de plomb), le *blanc de zinc* (oxyde de zinc) qui est très employé parce qu'il est moins insalubre que la céruse.

Jaune. — Qui comprend : le *jaune d'ocre* (mélange naturel d'argile et d'oxyde de fer), la *terre d'Italie*, le *jaune de Mars* (résultat de l'oxyde de fer précipité d'un sel de protoxyde de fer), le *chromate de chaux*, le *chromate de baryte*, le *chromate de zinc* (sulfate de zinc traité par le chromate de potasse), le *jaune de chrome* (chromate de plomb), qui se subdivise en jaune-orange, en jaune clair, orange et jonquille, etc. ; le *jaune de Naples* (antimoniate de plomb).

Rouge. — Le rouge d'Angleterre (oxyde de fer), l'*ocre rouge*, le *minium* (oxyde de plomb), le *vermillon* ou cinabre (composé de 86 p. 100 de mercure et 14 de soufre) qui est d'un beau rouge éclatant, le *pourpre de Cassius*, le *réalgar* (sulfure d'arsenic), le *carmin* (tiré de la cochenille), etc.

Bleu. — Le *bleu de Prusse* (combinaison de cyanure de potassium avec un sel d'oxyde de fer), l'*outremer* (extrait de la pierre *lapis-lazuli*), le *cobalt* (composé de 1 partie de phosphate de cobalt humide et 8 parties d'alumine), le *smalt*, etc.

Vert. — On distingue : la *terre verte de Vérone*, l'*ocre verte*, le *vert de chrome*, la *laque verte* (oxyde de cuivre et oxyde de zinc), le *vert-de-gris* (sel de cuivre), le *vert-de-Scheele* ou *vert minéral* (arséniate de cuivre), le *vert anglais* (mélange du précédent et de sulfate de chaux), la *cendre verte*, le *vert de montagne* (terre colorée par des sels provenant de la décomposition de sulfate cuivreux).

Noir. — On compte : le *noir de fumée*, les *noirs d'os* et d'*ivoire* (obtenus par la calcination de rognures d'os ou d'ivoire), le *noir de charbon* (charbon pulvérisé).

MÉLANGES DES COULEURS POUR COMPOSER LES TEINTES

Jaunes.

Couleur d'or	blanc, jaune de chrome 1/10 ou jaune minéral 3/4 de vermillon 1/100.
Citron	blanc 40 parties, jaune de chrome 1, bleu de Prusse 1.
Couleur soufre	blanc, jaune minéral 4/5, bleu de Prusse 1/400.
Jaune serin	jaune minéral pur.
Jonquille	blanc 5 parties, jaune de chrome 1.
Jaune paille	blanc 40 parties, jaune de chrome 1.
Chamois	blanc 30 parties, jaune de chrome 1, vermillon 1.
Chamois foncé	blanc 10 parties, terre de Sienne brûlée 1.
Couleur pierre	blanc 15 parties, ocre jaune 1.
Nankin	blanc 40 parties, rouge de Prusse 1, ocre jaune 1/2.

Rouges.

Écarlate	vermillon de la Chine, pur.
Cramoisi	laque carminée et vermillon.
Rouge cerise	vermillon et carmin.
Rose	blanc et laque carminée.
Crevette, saumon.	blanc et vermillon.
Amarante	bleu 1/4, rouge 1/4, laque 1/4, blanc 1/4.
Lilas	blanc, laque 1/15, bleu de Prusse 1/60.
Violet	bleu et carmin.

Bleus.

Bleu azuré	blanc, bleu de Prusse 1/120, ou outremer 1/130.
Bleu bluet	blanc, bleu de Prusse 1/50, laque 1/500.
Indigo	Indigo ou bleu de Prusse et noir avec pointe de carmin.

Verts.

Vert d'eau	blanc, vert de Prusse.
Vert cru	vert de Prusse.
Vert feuillage	jaune de chrome, bleu de Prusse, terre de Sienne.
Vert artillerie	vert de Prusse, noir.

Pour trois couches de peinture il faut compter par mètre :

1° Couche d'impression sur bois ou plâtre			0k,140 de teinte		
2° 2e couche	—	—	0k,110	—	
3° 3e —	—	—	0k,100	—	

TENTURE

L'industrie du papier peint est, paraît-il, originaire de la Chine. En Europe, on n'a guère commencé à employer le papier de tenture que vers la fin du XVIIe siècle. Auparavant on avait garni les parois de fresques, de toiles peintes, puis d'étoffes. Il en est encore ainsi ; jadis les pauvres demeures avaient leurs murs nus et c'étaient seulement les habitations des classes riches qui étaient décorées, aujourd'hui les luxueuses demeures se décorent encore de belles peintures ou de riches étoffes, et le papier peint ne nous apparaît en somme que comme une vulgarisation du luxe. Les papiers gaufrés imitent fort bien les cuirs de Cordoue et les papiers veloutés et cylindrés donnent bien l'illusion des plus belles étoffes et des plus luxueuses tapisseries.

Dans certaines contrées l'usage de la tenture en papier n'est pas général, on emploie encore le pochoir avec lequel on obtient à la colle le même effet qu'avec du papier.

Le commerce présente un choix immense, et le papier, pour couleur et dessin, devant être subordonné au goût de la personne qui fait construire, nous ne nous occuperons donc ici que des travaux préparatoires et du collage, c'est-à-dire de la mise en œuvre du papier peint ou de tenture.

Toutes les peintures, colle et huile doivent être faites avant le collage.

Les surfaces destinées à recevoir le papier peint doivent être grattées et nettoyées de manière à faire disparaître les inégalités.

Quand on emploie du papier d'un certain prix on le préserve contre le piquage possible des plâtres, par un papier de dessous préalablement collé.

La longueur des rouleaux est ordinairement de 8 mètres et la

largeur de $0^m,50$. Cependant, sauf avec les papiers unis, on ne peut jamais compter couvrir 4 mètres superficiels, parce que la nécessité de raccorder les dessins produit toujours des coupes qui occasionnent des pertes souvent considérables.

Les lés préparés, c'est-à-dire coupés à la longueur convenable, sont encollés et mis en place en commençant du côté où vient la lumière, de manière à ce que les épaisseurs ne portent pas d'ombre.

La colle employée est la colle de pâte ordinaire, simplement de la farine bouillie dans l'eau [1].

Les bordures doivent être proportionnées à la hauteur des pièces, une bordure trop large produit un effet d'écrasement.

Sur les parties ouvrantes, à l'endroit où le papier doit se plier pour permettre l'ouverture d'une porte, on met une *bande à l'eau*, c'est-à-dire une étroite bande de papier d'environ $0^m,07$ de largeur qu'on mouille à l'eau et qu'on met en place ; par-dessus, on colle à la colle de pâte une bande de calicot de $0^m,12$ à $0^m,15$ de largeur, et enfin par-dessus le tout, le papier de tenture. Quand le tout est sec et qu'on ouvre la porte, la bande à l'eau qui n'est pas collée se détache, ploie largement, et évite ainsi au papier une brisure inévitable par suite d'un ploiement aigu fréquemment répété.

Il nous reste à parler des portes sous tentures, c'est-à-dire des portes qu'on dissimule autant que faire se peut. Les bois composant ces portes étant susceptibles de s'ouvrir, de se fendre, on cloue dessus une toile d'emballage, sur le bord on cloue une tôle ou un zinc pour former battement, et sur le tout on vient coller le papier.

ENCAUSTICAGE ET FROTTAGE DES PARQUETS

Tous les travaux étant terminés, le menuisier exécute le replanissage des parquets, puis vient le peintre qui procède à l'encausticage.

Ce travail se fait de deux manières : 1° à l'encaustique à l'eau obtenue en faisant dissoudre à chaud, dans de l'eau ordinaire, de la cire jaune additionnée de sel de tartre : 2° à l'encaustique à l'essence, composée de cire dissoute dans l'essence de térébenthine. A ces deux encaustiques, on ajoute, si l'on veut colorer le parquet, du roucou qui donne au chêne une belle teinte chaude.

L'encaustique est dans les deux cas étalée au pinceau et on

[1] Pour les papiers vernis on ajoute environ 8 p. 100 de dextrine.

laisse sécher pendant au moins une journée. Le frotteur vient alors, qui frotte à la brosse et lustre le parquet.

Quand un parquet est sale, encrassé, on le passe à la paille de fer, opération qui, bien faite, équivaut presque à un rabottage, on le remet en bon état par un encaustiçage et en le frottant comme un parquet neuf.

Les parquets en séchant se retirent, les lames s'écartent et la poussière se met dans les petites fentes qui en résultent. Quand le parquet a fait son retrait total, on peut reboucher avec un mastic composé d'essence, de résine, de cire et de sciure de bois très fine, de chêne ou autre, suivant la nature du parquet employé.

PRÉCAUTIONS ET REMÈDES CONTRE L'HUMIDITÉ

C'est pendant la construction même qu'on doit se préoccuper de barrer la route à l'humidité. On y arrive en plaçant au-dessus des fondations un lit d'ardoise, d'asphalte ou de plomb.

Mais dans les constructions ordinaires on ne prend que bien rarement et même jamais ces précautions, et c'est alors aux remèdes qu'on doit avoir recours.

On emploie : les papiers métalliques collés ou marouflés à la céruse ; les papiers bitumés collés ou cloués ; les enduits hydrofuges à base de résine, parmi lesquels le *ciment porcelaine antinitreux* de Candelot donne un résultat très pratique. Cet enduit peut être teinté comme une peinture ordinaire, il en faut un demi-kilogramme pour enduire de trois couches un mètre superficiel.

SCULPTURE, TERRE-CUITE, STAFF, CARTON-PIERRE

D'une manière générale on désigne, par le mot *sculpture*, l'art qui a pour objet de représenter sous une forme palpable une figure ou un ornement quelconque.

La sculpture a pour moyens d'exécution : la *taille au ciseau*, pour une matière dure telle que le bois, l'ivoire, la pierre, le marbre, etc. ; le *modelage* pour les substances molles comme la cire ou l'argile humide ; le *moulage* qui permet de reproduire en saillie l'image que les moules représentent en creux et qui comprend toutes les figures obtenues en coulant des métaux ou des matières rendues suffisamment liquides, par addition d'eau ou par fusion, dans un moule.

Considérée sous le rapport des objets qu'elle représente, la

sculpture prend différentes dénominations : quand elle est appliquée à la reproduction des êtres animés, elle prend le nom de *statuaire*. Si elle choisit ses modèles parmi les plantes ou les objets inanimés elle devient *sculpture d'ornement*. Suivant qu'elle représente les êtres ou objets vus sur toutes leurs faces, ou seulement détachés sur un fond avec plus ou moins de saillie, elle devient *sculpture en ronde-bosse* ou *sculpture en relief*. Enfin cette dernière, si elle a moins de saillie que moitié de l'objet, devient *bas-relief*. La sculpture ornementale se fait aussi en creux mais prend le nom de *gravure*.

Statuaire ou ornementale, la sculpture est une précieuse ressource offerte à l'architecte pour la décoration des édifices.

Sculpture sur pierre. — En faisant le carnet d'appareil d'une construction, on doit prévoir les masses de pierres nécessaires à la représentation des statues ou ornements que comporte le projet. On laisse toujours une quantité de pierre plus considérable que celle qui sera définitivement utilisée ; la masse est grossièrement épannelée, et quand les travaux de ravalement sont assez avancés pour qu'on ne puisse craindre d'accidents, le sculpteur qui a auparavant préparé le modèle en plâtre, procède à la mise au point ou taille de dégrossissage. Pour cela, en des endroits déterminés et correspondant à des points arrêtés sur le modèle, il perce à la mèche des petits trous dont la profondeur marquera l'endroit où l'ouvrier devra s'arrêter dans son travail de mise au point.

Pour obtenir la profondeur des trous, on fixe à une certaine distance du modèle une surface représentée par un fil à plomb ou tout autre moyen et qui correspond comme écartement au nu de pierre de la masse.

La pierre, taillée jusqu'à la profondeur des trous, donne déjà la forme d'ensemble qu'aura l'objet. Alors le sculpteur vient au ciseau achever son ouvrage.

On ne fait de modèle en plâtre que pour les sculptures d'une certaine importance, l'ornementation ordinaire est souvent faite directement tracée et taillée sur la pierre.

Terre-cuite. — Elle peut rendre de grands services dans la décoration des édifices. Dans les constructions à ossatures métalliques, elle est employée dans les remplissages des jours laissés par les éléments résistants. Ici, nous appellerons l'attention des constructeurs sur la nécessité d'étudier spécialement ces panneaux céramiques au point de vue de leur assemblage avec le métal ; il faut surtout avoir grand soin de combiner ces

terres-cuites de manière à ce qu'elles rejettent l'eau des pluies immédiatement à l'extérieur et qu'en aucun cas celles-ci ne puissent se loger dans la feuillure qui reçoit le panneau, où elles produiraient vite l'oxydation du fer qui en poussant ferait éclater la terre-cuite.

On sait que la terre-cuite est très apte à recevoir les émaux, ce qui ajoute encore à ses qualités décoratives.

L'épaisseur des terres-cuites varie avec les dimensions ; les pièces ont tendance à se déformer et à se fendre à la cuisson, surtout quand elles sont très minces. Il faut donc compter que l'épaisseur moyenne devra être le dixième environ de la plus grande dimension du panneau.

La pose des terres-cuites se fait comme celle des faïences, à bain de plâtre ou de ciment, suivant les cas ; il faut toujours avec soin de la mouiller avant de la mettre en contact avec le plâtre ou le ciment dont elle absorberait l'eau au détriment de la bonne adhérence.

Staff. — Le staff est composé de craie fine, de plâtre à modeler très fin et d'étoupe, le tout consolidé par une armature en bois qui se trouve scellée dans la pâte.

Le moule étant préparé, graissé pour éviter l'adhérence, on coule une légère couche de plâtre, puis on étale un lit d'étoupe que l'on appuie à la main tout en recouvrant à nouveau de plâtre et en mettant, là où il faut assurer la rigidité, des baguettes de bois qui forment ossature, et qui, partout où besoin est, se croisillonnent et sont ligaturées en fil de fer.

On fait en staff de grandes moulures, des solivages de plafonds, des profils de toutes sortes. Quoique très rigides, ces appliques sont extrêmement minces et par conséquent très légères.

Pour poser les staffs, on procède de deux manières simultanées : on mouille légèrement le staff, on l'applique et on cloue à l'aide de clous galvanisés ; ou bien, connaissant l'emplacement que devra occuper le décor, on enfonce un clou dans le plafond ou dans le mur et l'on attache au moyen d'un fil de fer qu'on entoure d'une ligature en chanvre mouillée dans du plâtre, puis on cloue. Ce moyen d'attache, qui consiste à relier l'armature du staff au clou, ne peut se pratiquer que si on a affaire à un profil courant dans l'intérieur duquel on peut voir et entrer les mains ; autrement, on se contente de fixer le profil ou l'ornement à l'aide de clous galvanisés.

Tous les raccords, les profils étant faits par petites longueurs, se font en plâtre, puis une fois le tout bien sec, on finit au guillaume, absolument comme pour un profil en pierre.

Nous avons fait exécuter en staff des profils de corniche de 0m,90 de hauteur et des solivages ayant 0m,16 de côté qui se sont parfaitement comportés et sont restés très rigides. Nous croyons qu'on peut estimer, pour un plafond très chargé, la surcharge à 10 ou 12 kilogrammes par mètre.

Carton-pierre. — Composition faite de pâte à papier, de colle forte, d'argile et de craie, matières auxquelles on ajoute souvent de l'huile de lin. Les ornements en carton-pierre sont fixés au moyen de clous galvanisés ; les raccords se font avec une pâte de même composition s'ils sont placés à l'intérieur, et s'ils sont fixés à l'extérieur, avec un mastic composé d'huile de lin, de blanc de céruse et de craie.

Les pâtes servant à faire les rosaces et ornements divers se moulent au pouce, le mouleur enfonce avec force la matière dans les creux et fait courir en tous sens un petit fil de fer qui relie toutes les parties délicates de ces ornements.

La pose se fait comme pour ce qui précède : on commence par tracer les axes, on bat des lignes et on met en place les ornements qui sont divisés par petites parties et qui ont été conservés légèrement plastiques. On les fixe par des clous en zinc et on fait les raccords en pâte de même composition.

STORES, BANNES, JALOUSIES, VÉLUMS, CLAIES

Stores. — Les stores, s'ils sont destinés à obtenir une température fraîche, doivent être placés à l'extérieur pour les raisons de diathermanéité que nous avons signalées dans notre étude sur la vitrerie. On les place aussi à l'intérieur, mais alors, leur fonction est seulement d'empêcher le jour et les rayons visuels de pénétrer.

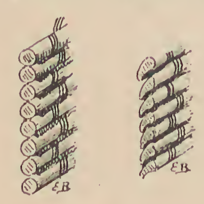


Fig. 1474, 1475.
Baguettes de stores.

Les stores se font en bois : composés de petites baguettes rondes d'environ 2 millimètres de diamètre et tissées en fil (fig. 1474) ; ou bien de baguettes présentant une section allongée qui permet à chaque baguette de faire recouvrement sur l'autre (fig. 1475) ; ou encore en coutil, en toile, ou tout autre tissu.

Le store à double cordon se pose en tableau. Le rouleau se forme par en bas et vient se placer en haut sous le linteau, où il est généralement dissimulé par un pavillon découpé (fig. 1476).

Les deux cordons se tirent ensemble et sont montés suivant notre croquis.

Le store à rouleau et fils conducteurs n'est pas flottant, il est guidé pendant toute sa course par deux tiges, en fer galvanisé ou en cuivre, qui sont tendues au moyen de vis de rappel. Ce genre de store peut se placer en tableau, ou en saillie sur le tableau, mais dans ce dernier cas qui a l'avantage d'empêcher absolument l'entrée des rayons solaires, on est obligé d'avoir un pavillon en saillie, c'est-à-dire une véritable couverture.

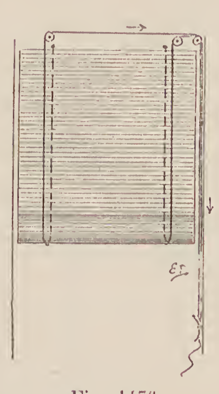


Fig. 1476.
Stores à cordons.

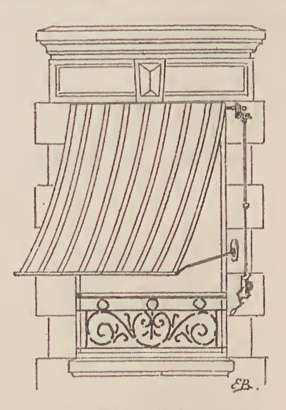


Fig. 1477.
Store à l'italienne.

Le store à l'italienne se distingue des précédents, par l'inclinaison qui lui est donnée au moyen d'articulations latérales (fig. 1477). Il permet la vue tout en abritant des rayons solaires.

Le store brisé est mixte, il a en même temps les fils conducteurs et les bras d'articulation.

Le store à rouleau automatique — même rouleau en petit que les fermetures ondulées, actionnées par un ressort — présente cet avantage de pouvoir fonctionner de bas en haut, c'est ce genre de store qui est employé dans les wagons de chemins de fer, où, à portée de la main, il suffit d'appuyer sur une petite manette de déclenchement pour faire relever le store.

Tous ces stores, quand il s'agit seulement de fenêtres de dimensions ordinaires, peuvent être mus par des cordes, ou si les baies sont trop grandes, actionnés par une manivelle.

Bannes. — Les bannes sont en réalité de grands stores à l'italienne, elles sont toujours faites en coutil et s'enroulent sur un rouleau placé sous le bandeau ou sous la corniche.

A Paris, les saillies sont proportionnées au trottoir :

$1^{m},50$ sur les trottoirs ayant moins de 5 mètres ;

2 mètres sur les trottoirs de 5 mètres à 8 mètres de largeur ;

3 mètres sur les trottoirs de 8 mètres et au-dessus.

Règle générale : Les bannes ne sont permises qu'au rez-de-chaussée. Les branches, supports, coulisseaux, lambrequins, ne doivent pas être placés plus bas que $2^{m},50$ au-dessus du trottoir.

Il suffit de traverser Paris pour s'apercevoir qu'il est des arrangements avec les ordonnances réglant les saillies, et que l'administration est même parfois d'une extrême tolérance.

La grande difficulté pour les bannes réside dans le mouvement. Parfois, disposant d'une faible hauteur, on veut arriver

Fig. 1478, 1479. — Mouvement de banne.

à la saillie maximum : 3 mètres par exemple. Il s'ensuit que le bras devrait être articulé à plus de 3 mètres en contre-bas du rouleau, c'est-à-dire, dans la généralité des cas, plus bas que le sol (fig. 1478), et le bras placé trop bas devient gênant pour le passage. Ce système de bras simple ne convient que pour les faibles saillies et pour un rez-de-chaussée de grande hauteur. Mais généralement on veut obtenir le maximum de saillie, et on emploie alors le système à coulisseaux permettant par un double mouvement le déplacement du centre de la courbe décrite par la banne en se relevant (fig. 1479), ce qui rapproche le bras de la position horizontale.

Jalousies. — Les jalousies sont formées d'une série de lames en bois ou en tôle maintenues parallèlement par des chaînes à une certaine distance les unes des autres. L'ensemble

des lames est suspendu à une planchette mobile autour d'un axe horizontal et dont le mouvement communique aux lames une même inclinaison, de manière à pouvoir regarder entre les lames, soit en haut, soit en bas, ou enfin les mettre en contact et fermer ainsi complètement. Des cordons de tirage passent sur des poulies fixées sur la planche supérieure, traversent toutes les lames et permettent de les remonter ou de les baisser. Les baies garnies de jalousies comportent toujours un pavillon en bois ou en métal découpé, destiné à cacher le paquet de lames formé quand la jalousie est relevée (fig. 1480).



Fig. 1480. – Jalousie.

On appelle *jalousie-store* une jalousie à laquelle est adjoint un mouvement destiné à la relever à l'italienne.

Vélums. — Les vélums sont des stores horizontaux en étoffe. Dans les grandes surfaces, les cirques par exemple, les vélums sont soutenus par des cordages tendus qui forment un réseau qui empêche l'étoffe de plonger. Employé en petites dimensions, le vélum est de faible largeur, monté sur tringles tendues, sur lesquelles il glisse au moyen d'anneaux. Quand on veut avoir le jour complet, le vélum vient en se plissant former paquet à une, ou aux deux extrémités. On fait des vélums unis ou plissés suivant le degré de richesse à obtenir.

Claies. — Les constructions vitrées, quoique généralement agréables et charmantes, deviennent inhabitables lorsque le soleil y darde directement ses rayons. Pour obvier à cet inconvénient, on recouvre de claies, ou gros stores en bois, la toiture et même parfois les parties verticales. Les claies sont faites de petites lames de $0^m,005 \times 0^m,018$ environ reliées entre elles par une petite chaîne métallique formée pendant la fabrication.

Les claies servent plus particulièrement pour les serres et jardins d'hiver.

MÉTAUX DÉCOUPÉS, BOIS DÉCOUPÉS

Métaux découpés. — Il n'y a guère qu'une trentaine d'années qu'on a commencé à appliquer le sciage mécanique aux métaux, et depuis cette industrie a pris une extension considérable.

En construction, les métaux découpés, tôle ou zinc, ont surtout une fonction décorative. Une poutre droite ou cintrée peut être agréablement ajourée d'ornements qui, s'ils sont bien étudiés et rapprochés de la fibre neutre, ne diminuent pas trop

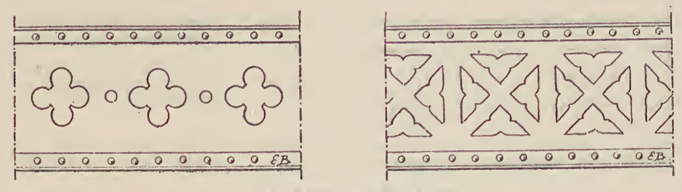


Fig. 1481, 1482. — Poutrelles.



Fig. 1483. — Fronton.

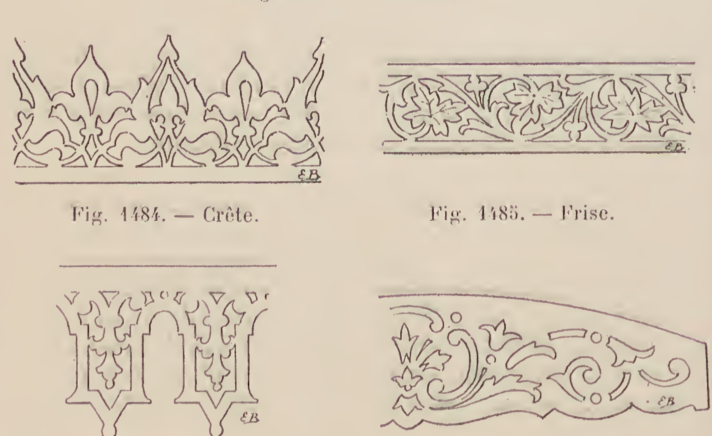


Fig. 1484. — Crête.

Fig. 1485. — Frise.

Fig. 1486. — Lambrequin.

Fig. 1487. — Pavillon.

sensiblement la résistance de la pièce. Dans ce cas particulier, on peut aussi ajourer au poinçon par petits coups successifs, parce que le sciage de tôle de forte épaisseur est d'un prix de revient élevé.

Voici quelques dessins d'ajours convenant aux poutres ou autres pièces résistantes (fig. 1481, 1482).

On fait à la scie, en tôle ou en zinc, les éléments de construction suivants :

1° Des frontons, crêtes, galeries dont nous donnons quelques exemples (fig. 1483, 1484, 1485) ;

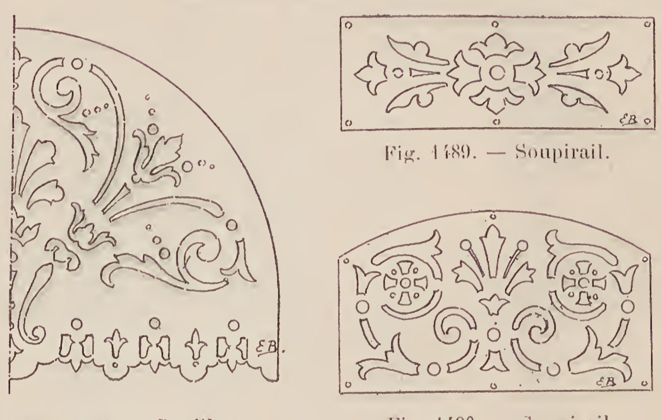


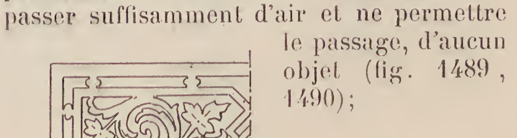
Fig. 1489. — Soupirail.

Fig. 1488. — Pavillon.

Fig. 1490. — Soupirail.

2° Des lambrequins, des pavillons, des impostes (fig. 1486, 1487, 1488) ;

3° Des soupiraux de caves. Ici nous trouvons une excellente application ; la tôle découpée est en effet préférable au barreaudage ; elle peut laisser passer suffisamment d'air et ne permettre le passage, d'aucun objet (fig. 1489, 1490) ;



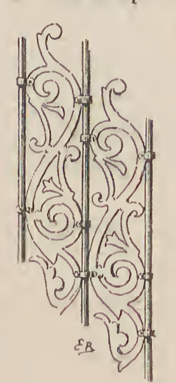


Fig. 1491. Remplissage.

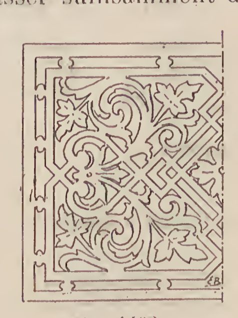


Fig. 1492. Panneau.



Fig. 1493. Initiales.

4° Des panneaux de remplissage entre barreaux de rampes (fig. 1491) ;

5° Des panneaux d'agencements pour garnir la partie supérieure des cloisons de séparations dans les cafés ou magasins (fig. 1492) ;

6° Des rosaces, des impostes, des chiffres ou initiales (fig. 1493) ;

7° Des panneaux de portes (1494) ;

8° Des portes de chapelles funéraires (1495) ;

9° Des pentures et appliques pour portes (fig. 1496, 1497).

Tous les modèles que nous venons de donner peuvent être

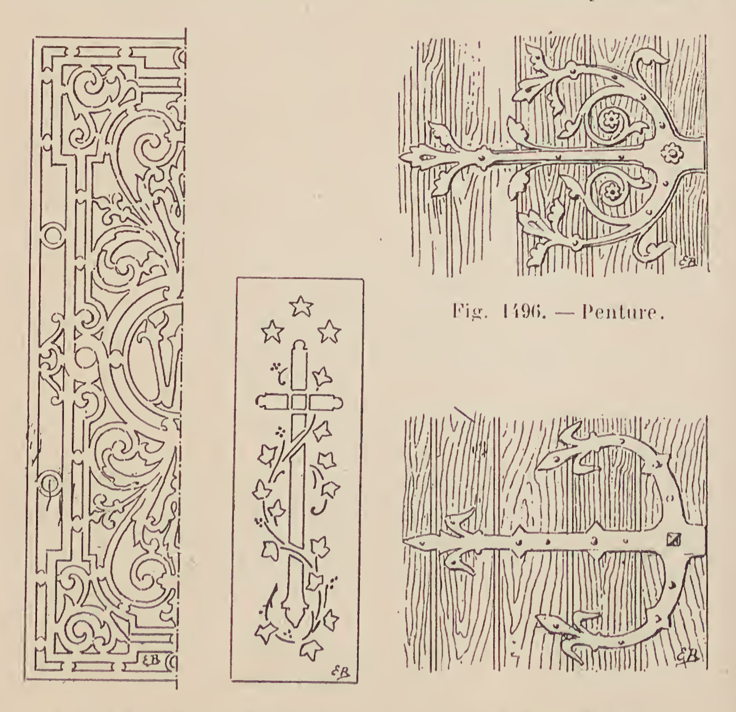


Fig. 1496. — Penture.

Fig. 1494, 1495. — Panneaux.

Fig. 1497. — Penture.

relevés par la gravure, comme, du reste, plusieurs figures l'indiquent.

Presque tous les dessins que nous donnons sur le découpage des métaux sont empruntés à l'album de MM. Regnard frères, propriétaires de l'ancienne maison de Mme veuve Delong, qui peut être regardée comme la fondatrice de cette industrie.

Bois découpés. — Les bois découpés tels que les livre l'industrie parisienne ne diffèrent comme dessin des métaux découpés que par une lourdeur imposée du reste par le matériau différent, ce dont nos lecteurs pourront juger par les quel-

ques exemples ci-dessous. On voit qu'on peut reprocher à ces modèles, qui souvent sont bien dessinés, de ne tenir aucun compte des défauts du matériau mis en œuvre, de ne s'être nullement préoccupé du fil du bois, et le dessin, excellent peut-être pour une tôle ajourée, est défectueux pour un élément ligneux, résistant dans le sens traversal des fibres, mais cassant dans le sens parallèle, quand il est réduit à une faible épaisseur (fig. 1498, 1499).

Il est évident qu'on ne peut combiner un dessin qui ne coupe jamais les fibres du bois, mais on peut au moins se rapprocher, autant que possible, de la perfection simplement en étant attentif aux qualités et défauts du bois.

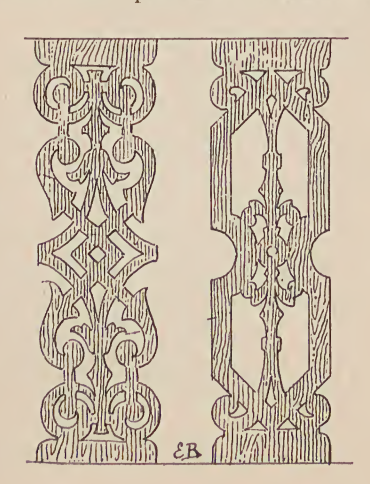




Fig. 1498, 1499, 1500. — Balustrades.

En Norvège, en Suisse, en Russie, on donne au bois découpé un caractère propre qu'il est loin d'avoir chez nous. En Suisse, le bois est plutôt profilé que découpé ; ce dernier terme, en effet ne peut convenir qu'à des chantournements pratiqués dans une planche de faible épaisseur, tandis que les bois employés sont toujours d'un échantillon au moins équivalent à ce que nous appelons en France la *doublette*, c'est-à-dire qu'ils présentent environ 0m,050 à 0m,055 d'épaisseur. Dans la belle époque du découpage, vers le XVIIe siècle, les profils sont simples et même un peu naïfs ; cela tient à ce que le dessin en était fait par l'artisan qui devait aussi tailler la pièce, et qui n'avait pour se guider que son goût personnel et les souvenirs des travaux déjà exécutés et conçus eux-mêmes dans les mêmes conditions ;

aussi rencontre-t-on de nombreuses répétitions et une symétrie dans le détail, que, constructeur de bon sens avant tout, le charpentier s'est bien gardé de respecter dans l'ensemble.

Le découpage est sobre, pénètre peu pour ne pas rendre la pièce fragile (fig. 1500). Si, par suite d'un dessin compliqué, la matière se trouve placée dans de mauvaises conditions, alors on assemble plusieurs pièces en plaçant les fibres dans le sens voulu et de manière à répondre aux exigences du dessin (fig. 1501). Pour éviter la monotonie des surfaces plates, on rencontre souvent des découpages portant des engravures et aussi garnis de chanfreins.

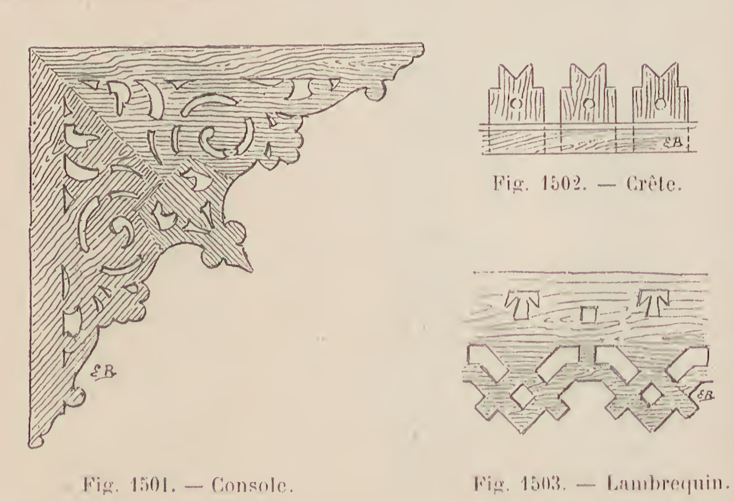


Fig. 1502. — Crête.

Fig. 1501. — Console.

Fig. 1503. — Lambrequin.

En Russie, le découpage des bois se faisait à la main, à la scie et au ciseau ; l'artisan slave ayant à traiter un dessin donné se préoccupait du sens des fibres, ainsi par exemple, pour une crête formée de merlons, il les prendrait séparément et les assemblerait sur une traverse (fig. 1502).

La nature même du travail implique une différence très accentuée avec nos découpages occidentaux, la main seule manœuvre la scie et la délaisse volontiers pour employer le ciseau. Il en résulte que presque tous les découpages se compliquent d'engravures qui ont l'avantage d'animer les surfaces planes qui cernent les ajours.

Cette manière de traiter le bois se retrouve chez tous les peuples qui ont été ou sont restés pasteurs et on en trouve des traces sur les objets les plus infimes ; il n'est pas un berger qui

ne se plaise à historier son bâton et à le décorer de mille dessins qui reproduisent ses idées.

La fantaisie amène pourtant parfois les ouvriers russes à faire des découpures tout aussi défectueuses que les nôtres, comme le montre la figure 1503. Les constructeurs, en Russie, ont coutume de terminer les toitures sur les pignons par un bois de peu d'épaisseur découpé et taillé sur toute sa longueur mais terminé en haut et en bas par une décoration spéciale dont nous représentons le détail (fig. 1504).



Fig. 1504. — Ajours et engravures.

Ce genre d'ornementation est emprunté à un art très russe aussi, à la broderie ; les charpentiers n'emploient guère alors que le découpage et la taille au ciseau, mais ce que nous ne pouvons montrer ici, ce sont les vives couleurs qui viennent animer ces surfaces : le rouge, le vert, le jaune et le bleu y détachent harmonieusement chaque motif.

CHAPITRE XV

ÉLECTRICITÉ, ACOUSTIQUE

Données générales. — Précautions que doit prendre le constructeur. — L'électricité. — Unités de mesures. — Conductibilité des métaux.

Acoustique, porte-voix. — Du son. — Des tubes acoustiques.

Sonneries. — Trembleur du Neef. — Théorie. — Tableaux indicateurs. — Pile. — Installations de sonneries. — Fils conducteurs. — Jonctions. — Pédale de parquet. — Contacts avertisseurs. — Sonneries à air.

Téléphonie. — Téléphone Bell. — Téléphone Gower. — Téléphone Ader. — Téléphones à piles. — Microphones. — Transmetteur. — Poste téléphonique.

Éclairage électrique. — Avantages. — Moteur. — Dynamos. — Accumulateurs. — Coupe-circuits. — Interrupteurs. — Foyers lumineux. — Arrêté réglant l'établissement et le fonctionnement des conducteurs électriques.

Paratonnerres. — Origines du paratonnerre. — Zone de protection. — Tiges. — Prise de courant. — Conducteur. — Circuit de faîtes. — Paratonnerre pour tous. — Résumé.

Les installations électriques, sonneries, transmission des sons, éclairage, force motrice, sont maintenant complètement entrées dans la pratique et forment le complément indispensable du confort de nos habitations.

Quoiqu'il n'entre pas dans notre cadre d'étudier ces diverses spécialités, nous examinerons cependant certaines données élémentaires ou générales de manière à former un aperçu superficiel, propre à donner les renseignements principaux dont on ne peut se passer pour prévoir dans un projet tout ce qui est nécessaire à ces installations.

Nous appellerons d'abord l'attention sur ce fait, qu'on ne se préoccupe aucunement ou bien rarement, quand on fait une étude, des diverses dispositions qui seront à prendre lorsqu'on viendra établir les services électriques. On procède là comme pour la plomberie et le gaz, on construit, on décore, puis on

appelle l'électricien. Celui-ci se tire toujours d'affaire, évidemment, mais c'est d'une manière plus ou moins parfaite, suivant que le hasard a fait que les choses sont propices à son travail, ou que par son intelligence et sa connaissance parfaite des besoins, il sait choisir le parti le plus propre à rendre commode et pratique l'installation demandée.

Certes, les fils tiennent fort peu de place, mais dans les locations où il n'y a pas de canalisations électriques, il faut pour l'éclairage un emplacement spécial, et approprié pour loger le moteur et la dynamo. Dans les pièces il est indispensable de recouvrir les fils par un profil dans les canaux duquel ils circulent partout où ils pourraient se trouver à portée de la main. Il conviendrait donc de profiter des moulures, profils, etc., que l'on ferait amovibles et dans l'intérieur desquels on ménagerait des canaux pour le passage des fils.

Un cas qui se présente assez fréquemment est l'alimentation d'un lustre suspendu au milieu d'un plafond uni. Alors on fait passer les fils sur le plafond ; puis les fils se distendent, plongent et font le plus déplorable effet. Ne serait-il pas mieux de faire pendant la construction passer dans l'épaisseur du plancher un tube en métal doublé d'un tube en ébonite d'assez grand diamètre pour y introduire très librement des fils à double garniture d'isolement pour éviter tout danger possible de court-circuit. La pose des fils elle-même ne présente aucune difficulté ; on passe un fil de fer bouclé en arrondi pour éviter de buter contre des aspérités possibles, puis on attache les deux fils conducteurs nécessaires et on tire.

Ces traversées de planchers qu'on doit faire dans la plus petite dimension de la pièce sont toujours restreintes ; ainsi pour une salle de 10 mètres de largeur, on n'aurait que 5 mètres de fil enfermé en tube.

Le mieux serait donc, suivant nous, de faire intervenir le spécialiste, non après la construction, mais bien aussitôt le projet arrêté dans ses grandes lignes et les desiderata des services électriques connus.

Malgré les nombreux travaux dont l'électricité a été l'objet, on n'a pas encore de données certaines ni sur son origine ni sur sa nature, on en est encore réduit à des hypothèses que la science a dû admettre pour avoir des bases d'investigation. Newton pensait que l'électricité était le résultat d'un principe éthéré mis en mouvement par les vibrations des particules des corps.

La théorie de Symmer sur les deux fluides n'est aussi qu'une hypothèse. Qu'est-ce qu'un fluide ? quelle est sa nature ? Aucun

physicien n'a donné rien de positif à ce sujet. L'hypothèse des deux fluides exprime donc deux états dans lesquels l'électricité se présente sous forme de deux forces égales s'équilibrant. « Il est bien probable, dit M. de La Rive, que l'électricité, au lieu de consister en un ou deux fluides spéciaux, n'est que le résultat d'une modification particulière dans l'état des corps ; modification qui dépend probablement de l'action mutuelle qu'exercent les unes sur les autres les particules pondérables de la matière et le fluide subtil qui les entoure de toutes parts, qu'on désigne sous le nom d'*éther*, et dont les ondulations constituent la lumière et la chaleur... Tous les phénomènes des électricités positive et négative peuvent probablement être expliqués par l'action et la réaction d'une force capable d'être manifestée, à divers degrés dans différentes substances, plus simplement que par l'hypothèse des fluides impondérables. Les deux forces opposées de l'électricité ressemblent en fait à l'action et à la réaction, en ce qu'elles s'accompagnent toujours. »

La balance de Coulomb sert à faire connaître si les corps sont plus ou mois chargés d'électricité. Il est admis que les attractions et les répulsions entre deux corps électrisés sont en raison inverse du carré de la distance, par exemple : neuf fois plus faibles pour une distance triple, et seize fois plus faibles pour une distance quadruple.

Coulomb observa que lorsqu'un corps isolé est électrisé, le fluide se porte à la surface extérieure du corps. Lorsqu'un corps de forme quelconque est électrisé, soit positivement, soit négativement, le fluide électrique se porte à la surface du corps où il forme une couche extrêmement mince. Si le corps est sphérique, la couche électrique est la même à tous les points de la surface ; si, au contraire, le corps affecte la forme ellipsoïdale, en fuseau, l'épaisseur de la couche cesse d'être uniforme ; le fluide, obéissant à sa propre répulsion, se porte aux parties aiguës où la tension devient considérable. C'est le cas des pointes.

On nomme *pouvoir des pointes* sur les corps conducteurs, la propriété qu'elles possèdent de laisser écouler le fluide électrique. Cette propriété a été découverte par Franklin et s'explique par la loi de la distribution de ce fluide à la surface des corps : l'électricité s'accumulant vers les parties aiguës, l'épaisseur électrique croît sur les pointes, et la tension, croissant également, l'emporte bientôt sur la résistance de l'air ; le fluide alors se dégage dans l'atmosphère, et si on se trouve dans l'obscurité, on remarque sur la pointe une aigrette lumineuse.

Les corps isolés perdent toujours plus ou moins rapidement

leur électricité ; cette déperdition résulte de deux causes : 1° de la conductibilité de l'air et des vapeurs qui enveloppent les corps électrisés ; 2° de la conductibilité des isoloirs qui servent à les supporter.

L'air sec est mauvais conducteur, mais chargé d'humidité, il conduit bien l'électricité.

Un corps électrisé agit sur un autre à l'état neutre, de la même manière qu'un aimant sur un fer doux, c'est-à-dire en décomposant le fluide neutre, il attire l'électricité du nom contraire à celle qu'il a et repousse celle du même nom. Pour exprimer cet effet, qui est une des conséquences de l'action mutuelle des deux extrémités, on dit que le corps qui était neutre est maintenant électrisé par *influence* ou par *induction*.

Electrisé par influence, un corps agit à son tour sur les corps voisins pour séparer les deux fluides ; aussitôt que l'influence cesse, les deux fluides se recomposent et le corps ne conserve aucune trace d'électricité.

Hawksbee avait remplacé la boule de soufre de Guericke par un cylindre de verre, et en 1766 Ramsden, à Londres, substitue au cylindre un disque de verre frotté par quatre coussins. machine qui, aux perfectionnements près, est encore celle dont on se sert aujourd'hui.

Cet appareil est fort simple : un plateau circulaire de verre, mis en mouvement par une manivelle et frottant entre deux paires de coussins fixés entre les montants qui soutiennent le disque. Dans le frottement, le disque s'électrise positivement et les coussins négativement ; cette électricité négative est perdue dans le sol par la table sur laquelle est monté l'appareil et par une chaîne métallique ; celle du plateau agit par influence sur les conducteurs et attire le fluide négatif qui, se dégageant par des peignes placés aux extrémités des conducteurs, vient se combiner à l'électricité positive du verre et la neutralise. Les conducteurs perdent leur électricité négative, restent électrisés positivement ; on voit donc que le plateau ne cède rien aux conducteurs ; au contraire il ne fait que leur soutirer le fluide négatif, et c'est ainsi qu'ils restent chargés d'électricité positive.

La machine une fois en mouvement, si on approche la main du conducteur on obtient une forte étincelle qui est le résultat de la combinaison du fluide négatif de la main avec le fluide positif de l'appareil.

La *bouteille de Leyde* prend son nom de la ville où elle fut inventée par le physicien Musschenbroek qui, s'occupant un jour d'électriser de l'eau dans une fiole de verre, espérant qu'en raison de la mauvaise conductibilité du verre, l'eau recevrait

une plus grande masse d'électricité et la conserverait plus longtemps. Comme l'expérience ne présentait rien de particulier, Musschenbroek voulut retirer la fiole ; il la saisit d'une main et approcha l'autre du conducteur métallique qui amenait dans l'eau l'électricité de la machine, Munchenbroek reçut dans bras et dans la poitrine une commotion tellement forte, qu'il écrivit à Reaumur qu'il ne recommencerait pas pour le royaume de France.

Nollet refit lui-même l'expérience, et Franklin démontra que la bouteille de Leyde était, comme le carreau fulminant, un véritable condensateur.

Les piles sont des appareils électrogènes au moyen desquels une action chimique ou calorifique est transformée en électricité dynamique. Le premier appareil de ce genre fut inventé par Volta en 1800 ; cette pile se composait de disques empilés les uns sur les autres dans l'ordre suivant : un disque de cuivre, un disque de zinc, une rondelle de drap mouillée d'eau acidulée, puis une nouvelle série dans le même ordre, et ainsi de suite. C'est de cette pile primitive que sont dérivées toutes les autres.

On sait que le passage successif des corps de l'état solide à l'état liquide, et de l'état liquide à l'état gazeux, absorbe de la chaleur, et que par contre le retour de l'état gazeux à l'état liquide, puis solide rend de la chaleur.

La quantité de chaleur absorbée ou dégagée, par une combinaison ou une décomposition chimique, s'exprime en unités appelées *calories*. (Nous avons dit, à notre chapitre *Chauffage*, qu'une calorie est la quantité de chaleur pour élever de 1 degré centigrade la température de 1 litre d'eau.)

Quand l'oxygène se combine avec un métal pour former un oxyde, le passage du gaz à l'état solide met en liberté une quantité de calories qui varie avec chaque métal et les conditions qui accompagnent l'oxydation. Le métal oxydé sert de conducteur à l'électricité, et ce conducteur peut être prolongé indéfiniment. Toutefois, l'électricité ne devient sensible sous forme de courant qu'autant que le conducteur forme ce qu'on appelle un circuit fermé, qui procure un écoulement à l'électricité. Cette condition remplie, l'appareil prend le nom de pile.

Les courants électriques donnent lieu à des phénomènes très variés ; si le conducteur métallique est assez gros et enroulé sur lui-même, ils se manifesteront sous forme d'électro-magnétisme ; si le fil est fin, il s'échauffe, rougit et peut se volatiliser.

Le conducteur peut encore être constitué par un liquide

décomposable ; dans ce cas, le travail chimique intérieur peut devenir égal au travail de la pile. — Sous l'influence du courant, l'eau est décomposée en oxygène à la surface du zinc et en hydrogène à celle du cuivre. L'hydrogène ne se détache pas instantanément du cuivre; il le couvre comme d'un vernis dont la présence diminue le contact immédiat du liquide et augmente la résistance opposée par le conducteur au passage du courant. En outre, à mesure que le sulfate de zinc se dissout dans l'eau, l'hydrogène se combine avec l'oxygène de l'oxyde de zinc, et le cuivre ne tarde pas à se couvrir d'un dépôt métallique de zinc, l'équilibre absolu se rétablit entre les deux lames et le courant s'arrête.

Dans sa pile, M. Leclanché utilisa avec succès le peroxyde de manganèse mélangé de charbon de cornue et placé dans un vase poreux, baignant ainsi que le zinc dans une dissolution de sel ammoniac. Cette pile est avantageuse en ce qu'elle demande peu de surveillance et n'oblige à aucune manipulation d'acide. Quand on réunit les pôles, le courant électrique décomposant la dissolution ammoniacale forme un oxychlorure de zinc soluble dans la liqueur ambiante ; l'hydrogène ainsi que l'ammoniac se rendent au pôle positif et y déterminent la réduction du peroxyde de manganèse.

En électricité, les unités de mesures sont exprimées de la manière suivante.

Un *Volt* est à peu près égal à l'énergie que fourniraient 25 calories dans une pile.

Un *Ohm* égale comme résistance une colonne de mercure ayant 1 mètre de hauteur et 1 millimètre de côté.

Un *Ampère* sera obtenu lorsque, en se servant d'une pile dont la tension est représentée par 25 calories, la résistance de cette pile et celle du conducteur étant de un ohm, la surface des lames sera suffisante pour que l'usure utile du zinc égale environ 11 décigrammes en une heure. Cette oxydation équivaut à $\frac{82}{100}$ de calories.

Un *Coulomb* est la quantité d'électricité égale à un ampère pendant une seconde. C'est donc un ampère-seconde.

Un *Farad* est une surface suffisante pour pouvoir y condenser un coulomb.

TABLEAU INDIQUANT LA CONDUCTIBILITÉ DES MÉTAUX

Argent pur.	100
Cuivre pur	100
Bronze siliceux télégraphique	98

Alliage cuivre et argent à 50 p. 100. . .	88,65
Or pur.	78
Aluminium pur.	54,2
Bronze siliceux téléphonique.	35
Zinc pur.	29,9
Bronze phosphoreux téléphonique . . .	29
Alliage or et argent à 50 p. 100.	16,12
Fer de Suède.	16
Etain pur de Banca	15,45
Acier Siemens	12
Platine pur.	10,6
Plomb pur.	8,88
Bronze à 20 p. 100 d'étain	8,4
Nickel pur	7,89
Antimoine	3,88
Mercure	1,61

Les métaux sont les corps jouissant de la plus grande conductibilité ; voici maintenant les principaux corps semi-conducteurs et isolants :

CORPS SEMI-CONDUCTEURS	CORPS ISOLANTS
Charbon de cornue.	Laine.
Charbon de bois.	Soie.
Coke.	Verre.
Acides.	Cire à cacheter.
Dissolutions salines.	Soufre.
Eau de mer.	Résine.
Air humide.	Gutta-percha.
Glace fondante.	Caoutchouc.
Eau pure.	Gomme laque.
Pierres.	Paraffine.
Glace non fondante.	Ebonite.
Bois sec.	Air sec.
Porcelaine.	
Papier sec.	

ACOUSTIQUE, PORTE-VOIX

L'acoustique a pour objet l'étude des sons et celle des vibrations des corps élastiques.

Le son est le résultat d'oscillations rapides imprimées aux molécules des corps élastiques, lorsque sous l'influence d'un choc ou du frottement, l'état d'équilibre de ces molécules a été troublé, elles tendent alors à reprendre leur position première,

mais elles n'y reviennent qu'en exécutant des mouvements vibratoires, dont l'amplitude décroît très vite.

L'intensité du son varie suivant l'agitation de l'air et la direction des vents. Le son ne peut se propager dans le vide ; l'air, les gaz, les vapeurs, les liquides, etc., le transmettent.

Les porte-voix employés dans nos habitations sont de simples tuyaux ; la loi qui fait que l'intensité du son est en raison inverse du carré de la distance n'est pas applicable aux sons transmis par les tuyaux, surtout si ceux-ci sont cylindriques et droits. Dans ce cas, les ondes sonores ne se propagent plus sous la forme des sphères concentriques croissantes, et le son peut, ainsi guidé, être porté à une distance considérable sans altération bien sensible. Une expérience de Biot a constaté que, dans un tuyau de conduite des eaux de Paris, long de 951 mètres, la voix perd si peu de son intensité, que, d'une extrémité à l'autre de ce tube, on peut entretenir une conversation à voix basse. Cependant l'affaiblissement du son devient sensible dans les tubes d'un grand diamètre, ou dont les parois rugueuses offrent un obstacle au son ; ainsi par exemple, dans les souterrains, dans les longues galeries, le son, de même intensité au départ que pour un tuyau de petit diamètre, se trouve perdu presque entièrement.

Ce sont les Anglais qui, les premiers, ont utilisé les tubes acoustiques, ils les appelaient *speaking tubes* (tubes parlants) et s'en servirent pour transmettre les ordres dans les hôtels et grands établissements.

Les tubes acoustiques sont encore employés pour faire une communication soit de plain-pied, soit entre différents étages. L'installation peut simplement se composer de tubes avec embouchures à sifflet à chaque extrémité. Si l'on veut se servir du porte-voix, on retire le sifflet, on souffle et on remet le sifflet ; le sifflet fixé à l'autre extrémité avertit la personne à laquelle on veut parler qui, à son tour, souffle et porte l'embouchure à son oreille. En soufflant, cette personne a fait fonctionner le premier sifflet qu'on retire aussitôt pour entrer en conversation.

Dans les grands établissements, on emploie souvent le tableau indicateur dans lequel un signal permet de voir quel tube, et par conséquent quelle personne a demandé communication. Dans les installations peu importantes, le tableau peut être remplacé par des instruments donnant des sons différents, sifflet, trompette, musette, etc.

Les tubes peuvent être en caoutchouc et en tout cas sont toujours souples et garnis d'un tissu de coton, de laine ou de soie ;

cela pour les parties mobiles qui portent l'embouchure. Les parties fixes se font en zinc et en cuivre poli à l'intérieur ; ce dernier seul est à recommander pour faire un travail convenable, le zinc se détériorant promptement au contact des plâtres. L'embouchure et le sifflet sont généralement en palissandre.

Le diamètre des tubes varie de $0^m,016$ à $0^m,030$ (0,016, 0,018, 0,020, 0,025, 0,030).

SONNERIES

Les sonneries sont en réalité de petits télégraphes domestiques destinés à mettre en communication les différentes parties d'une habitation et en assurer tous les services.

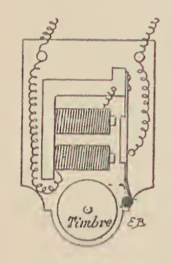


Fig. 1505.
Sonnerie.

Cet ingénieux appareil est dû au physicien allemand Neef; on le désigna d'abord sous le nom de : *Trembleur de Neef*.

Les sonneries (fig. 1505) sont constituées par un électro-aimant dont une des extrémités du fil communique à la pile, tandis que l'autre s'attache à une armature en fer méplat, placé en face de l'électro; ce fer plat est muni, à la partie inférieure, d'une tige flexible supportant un marteau destiné à frapper sur le timbre, tandis qu'au sommet elle est soutenue par un ressort communiquant à l'autre électrode de la pile par un simple contact que l'attraction de l'aimant peut lui faire abandonner.

Si maintenant on suppose le circuit fermé — ce qui est le cas quand on presse le bouton — l'électro attirera l'armature dont le marteau est dépendant et qui frappera sur le timbre. Mais comme le ressort qui soutient l'armature aura, par cette attraction, abandonné le contact qui le reliait à la pile, le courant ne passera plus et l'armature sera ramenée dans sa position primitive, c'est-à-dire par son ressort, en contact avec la pile; alors, nouvelle évolution, puisque le courant est rétabli et, par conséquent, nouveau bruit. Ces évolutions se succédant avec une extrême rapidité, la succession des coups répétés forme un roulement qui durera tout le temps que, par la pression du bouton, on maintiendra le circuit fermé.

Tableaux indicateurs. — Dès qu'on veut établir un service commun à plusieurs employés ou domestiques, il est indis-

pensable de compléter l'installation de la sonnerie par un tableau indicateur (fig. 1506), qui peut permettre à une personne absente de voir à son retour qu'il lui a été adressé un appel.

Cet appareil est aussi basé sur le principe de l'aimantation ; le mécanisme est toujours manœuvré par un électro-aimant. Il se compose d'une boîte en bois fermée par un couvercle à charnière qui est muni d'une glace. La surface intérieure du verre est recouverte d'une couche de peinture épaisse, sauf les petits carrés transparents qui y sont ménagés et derrière lesquels doivent apparaître les numéros. Le numéro inscrit sur une petite plaque très légère est porté par une aiguille aimantée

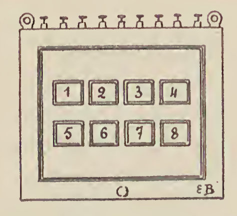


Fig. 1506. — Tableau.

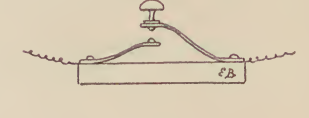


Fig. 1507. — Bouton de contact.

mobile sur un axe horizontal et maintenue en équilibre entre les bobines d'un électro-aimant. Les pôles de l'électro changent avec le sens du courant ; l'aiguille aimantée se trouve donc attirée à droite ou à gauche, et le numéro qu'elle porte se montre au guichet ou disparaît. Un bouton, placé en bas du cadre et nommé *repoussoir*, agit sur un contact disposé comme celui des boutons d'appel (fig. 1507) et sert de commutateur, et la branche de l'électro repousse l'aiguille, qui reprend sa position primitive et fait disparaître le numéro.

Ces tableaux se prêtent à toutes les combinaisons possibles. Il est quelquefois nécessaire qu'un même appel se produise à la fois en plusieurs points. C'est par exemple le cas d'un hôtel où les domestiques doivent être prévenus en même temps que le bureau ; on peut alors commander avec le même bouton d'appel deux tableaux placés en des lieux différents et donnant au même moment des indications semblables.

Pile. — La pile au peroxyde de manganèse et au chlorhydrate d'ammoniaque est mise en usage dans les installations de sonneries électriques. De son emplacement dépend sa durée ; elle ne doit être exposée ni à la chaleur ni trop à l'humidité ; dans un endroit où cependant l'air circule, afin de faciliter l'élimination des gaz engendrés par les décompositions chimiques.

Son entretien se borne à nettoyer les zincs et introduire 25 à 30 grammes de sel ammoniac, lorsque les sonnettes ne sont plus assez énergiques.

Pour mettre la pile en batterie, on procède ainsi :

Après avoir rangé les vases à côté l'un de l'autre, on met, dans chacun, 100 grammes de sel ammoniac et de l'eau jusqu'à moitié du vase ; puis on place au centre du premier verre un vase poreux au charbon, qui constitue le pôle positif ; puis à côté un zinc qui doit être relié au vase poreux suivant également placé dans un verre ; en continuant ainsi jusqu'au dernier, il reste une lame de zinc qui se place dans le dernier vase et devient le pôle négatif.

Installation de sonneries. — Il faut tout d'abord chercher les endroits les plus favorables pour le passage des fils conducteurs, c'est-à-dire ceux où ils se trouvent le plus dissimulés, et qui ne sont pas humides ; les fils doivent trouver leur place dans les couloirs, les dégagements, les escaliers de service, etc., où ils peuvent être laissés apparents ou facilement cachés. On doit soigneusement éviter le voisinage des conduites d'eau et de gaz ainsi que généralement toutes parties métalliques ; si on ne peut éviter ces matières, on doit isoler les fils avec du caoutchouc. Dans la traversée des murs, les fils passent dans un tube de gutta-percha, ou plus simplement de caoutchouc, protégé par un autre tube métallique, et sont ainsi préservés des contacts et de l'humidité.

Les fils conducteurs employés dans l'intérieur des appartements doivent être en cuivre rouge très pur pour avoir le maximum de conductibilité ; ils sont protégés par une matière isolante formée d'un enduit de poix, bitume et gomme-laque avec couverture de soie ou de coton. La composition de l'enduit de protection des fils est d'ailleurs très variable suivant les fabricants. Cette enveloppe suffit pour les murs bien secs. Mais quand on a besoin d'un isolement plus complet, ou que l'on fait l'installation dans une construction neuve, on doit employer le fil isolé enveloppé de soie ou de coton pour empêcher la matière isolante de quitter le fil sous l'influence de la chaleur ou de l'humidité.

Lorsque les fils sont nombreux, pour permettre de suivre facilement leur parcours, pendant la pose ou en cas de réparations, on leur donne des couleurs différentes qui les distinguent et rendent le travail beaucoup plus simple.

On ne saurait jamais prendre trop de précautions pour garantir les fils : dans les cas où la gutta-percha elle-même est

insuffisante, pour passer dans l'épaisseur des planchers, dans les sous-sols, les caves, etc., par exemple, il est bon de les envelopper par une couche de plomb et de former câble par la réunion de plusieurs fils séparément protégés déjà par une enveloppe en gutta-percha et le tout recouvert d'une enveloppe de toile goudronnée.

Ces fils doivent être correctement tendus et supportés par des isolateurs; quand il y a beaucoup de fils, il faut employer les crochets vitrifiés, ou des cavaliers spéciaux dont l'intérieur est garni d'ébonite.

Au droit des jonctions, les fils devront être mis à vif par le grattage, tournés l'un sur l'autre par une torsion serrée, et recouverts de gutta-percha en feuille chauffée pour la faire adhérer au cuivre ou d'une toile poisseuse spécialement préparée à cet effet.

Lorsqu'on met en place les boutons, on doit faire bien attention que la tête des vis ne touche pas les ressorts ou paillettes; les conducteurs doivent être mis à nu seulement à la partie qui se place sous la vis, de manière à ce qu'il ne puisse se produire aucune autre communication.

Le bouton doit avoir son poussoir bien dégagé, les ressorts doivent être bien assujettis et avoir assez d'élasticité pour ramener le bouton de touche.

La pédale de parquet qui s'emploie quelquefois dans les salles à manger demande plus de soin encore que les autres transmetteurs. Elle doit être parfaitement hermétique afin qu'aucun corps étranger ne puisse venir s'interposer entre les contacts ; le contact doit, pour être assuré, se produire sur une grande surface ; les paillettes doivent être isolées du massif.

Pour plus de sécurité, dans les habitations, on met souvent aux portes des contacts qui font appel lorsqu'on ouvre la porte. Ce n'est en somme qu'un véritable bouton d'appel avertisseur actionné par la porte elle-même, et qui varie de forme et de pose suivant l'emplacement auquel on le destine. Ces contacts, d'une manière générale, ne sont utilisés que la nuit, et pendant le jour pour éviter le carillon que ferait une porte laissée entre-bâillée, on se sert d'un interrupteur ou commutateur à manette qui supprime ou change le courant à volonté.

Sonneries à air. — Les sonneries à air se prêtent à une installation semblable à celles des sonneries électriques. C'est la pression atmosphérique qui agit ; les fils sont remplacés par de petits tubes de plomb ou de caoutchouc qui ne sont guère

plus volumineux que les fils et se dissimulent aussi bien.

L'appel se peut faire par un bouton, mais le plus souvent on emploie la poire en caoutchouc (fig. 1508).



Fig. 1508.
Poire.

TÉLÉPHONIE

Le téléphone est un appareil au moyen duquel on peut tenir une conversation à une grande distance.

On savait depuis longtemps que, si l'on place l'oreille contre une poutre placée horizontalement, tandis qu'à l'autre extrémité de la poutre on frappe légèrement, on entend un bruit assez fort dont la sonorité dépend de la longueur de la poutre, de la nature du bois et de la force du choc.

Dès 1667, Robert Hooke inventa le téléphone à ficelle qu'on a vu réapparaître comme jouet il y a quelques années (1875).

Mais le téléphone digne de ce nom ne fit sa première apparition qu'en 1876 à l'exposition de Philadelphie. Il est dû à Graham Bell, physicien anglais naturalisé américain, qui en fixa le principe et la forme qui depuis n'ont pas subi de changements bien considérables.

Téléphone Bell. — Dans une boîte circulaire en bois portée par un manche contenant un barreau aimanté, existe une bobine magnétique, fixée à l'extrémité du barreau. La lame vibrante est en fer, très mince et revêtu d'étain ; elle est placée au-dessus de l'extrémité polaire du barreau aimanté. La lame vibrante doit être le plus près possible du barreau, mais pas assez pour rentrer en relation avec lui sous l'action des vibrations de la voix.

Téléphone Gower. — C'est un perfectionnement du précédent dans lequel l'appareil est muni d'un appel sonore destiné à servir d'avertissement.

Téléphone Ader. — Afin de rendre le récepteur plus puissant, M. Ader a cherché à surexciter les effets magnétiques par une armature supplémentaire ;-à cet effet il a construit des télé-

phones magnéto-électriques qui ont l'aimant recourbé en forme de cercle et servant de poignée à l'instrument. Le principal perfectionnement consiste dans l'adjonction à ces téléphones d'un anneau en fer doux placé en avant de la plaque vibrante et auquel il a donné le nom de *surexcitateur*.

Téléphones à pile. — Dans ces téléphones, le transmetteur diffère du récepteur, et il exige l'emploi d'un pile. Cet emploi de la pile permet la transmission de la voix à une distance beaucoup plus considérable.

Le transmetteur d'Edison se compose d'une embouchure en ébonite ; une lame vibrante et un disque de charbon de $0^{m},025$ de diamètre environ qu'on peut à volonté écarter ou approcher de la lame vibrante, à l'aide d'une vis disposée sur la face postérieure de l'appareil. Une plaque de platine, surmontée d'un bouton d'ivoire, vient s'appliquer sur la partie supérieure de la pastille de charbon. Le courant d'une pile traverse la pastille et passe de là dans un téléphone récepteur ordinaire. Les vibrations de la voix apportées par l'air au diaphragme, se transmettent par le bouton d'ivoire et la plaque de platine à la pastille de charbon ; celle-ci subit donc des pressions qui font varier synchroniquement l'intensité du courant, et ces variations, en réagissant sur le téléphone récepteur, le font marcher.

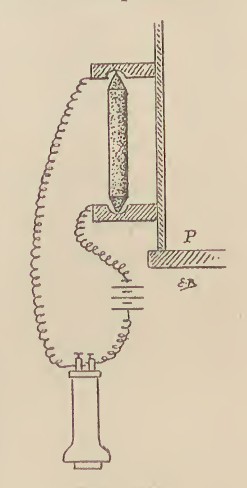


Fig. 1509.
Microphone.

Microphones. — C'est en 1877 que Hughes fit ses premières expériences ; depuis, le microphone a été considérablement modifié et au moyen de nouveaux transmetteurs fort ingénieux on est arrivé à transmettre la parole à de très longues distances.

Ainsi que son nom l'indique, il a pour but de reproduire des sons très faibles. Il se compose de deux ou plusieurs petits morceaux de charbon juxtaposés de façon à être en état de contact léger, le système est placé dans le circuit d'une pile et d'un téléphone (fig. 1509). La moindre vibration en P se transmet aux extrémités du crayon. La résistance aux points de contact passe donc par une série de variations qui influent sur l'intensité du courant et produisent un son dans le récepteur. Cet appareil est si sensible que du ré-

cepteur on peut entendre la marche d'un insecte ou le mouvement d'une montre sur le plateau P.

Edison a apporté à ce microphone un perfectionnement qui permet d'augmenter beaucoup la distance de transmission. Au lieu d'envoyer dans la ligne le courant même de la pile, il le fait passer dans le gros fil d'une bobine d'induction, et c'est le courant induit qui est envoyé dans la ligne. Ainsi, le circuit inducteur, qui est directement soumis à l'action du transmetteur, comprend la pile, le charbon et les bobines à gros fils. Le circuit secondaire comporte le fil fin, la ligne et le récepteur.

Transmetteur. — Cet appareil est composé de trois plaques en charbon, disposées parallèlement et supportant entre elles dix cylindres, également en charbon et de 6 à 8 millimètres de diamètre. Ils sont terminés aux deux bouts par des tourillons qui s'engagent avec beaucoup de jeu dans des trous percés dans les plaques. Les plaques extrêmes sont attachées aux pôles de la pile. Les cylindres sont donc assemblés cinq en quantité et deux en tension. Tout cet appareil est porté sur une lame vibrante en bois mince disposé en pupitre, et formant le couvercle d'une boîte qui contient la bobine d'induction.

Poste téléphonique. — Un poste téléphonique complet, dit M. Cadiat, comporte un transmetteur tel que nous venons de le décrire, avec sa pile et sa bobine d'induction, un commutateur, deux récepteurs (un pour chaque oreille), une sonnerie et une pile auxiliaire pour actionner la sonnerie du deuxième poste.

Voici le programme qu'on a à remplir :

1° Les deux postes étant réunis par une ligne, il faut que la sonnerie de chaque poste soit libre de fonctionner à un appel ;

2° La personne appelée doit, en mettant ses récepteurs à son oreille, rompre la communication de la ligne avec sa sonnerie, et l'établir avec ses récepteurs ;

3° Quand la conversation est terminée, les récepteurs sortent à leur tour du circuit, et la sonnerie y rentre.

Dans ce but, l'un des crochets auxquels on suspend les récepteurs constitue un levier mobile et sert de commutateur. Quand le récepteur est accroché, il abaisse par son poids le levier qui ferme alors le circuit de la sonnerie et ouvre celui du récepteur.

Quand on décroche le récepteur, le levier bascule sous l'action d'un ressort de rappel ; il ferme le circuit du récepteur et ouvre celui de la sonnerie.

La figure 1540 montre l'ensemble de l'appareil. La boîte

microphonique est portée par une planchette fixée au mur elle est située à 1m,20 ou 1m,30 du sol. Les récepteurs placés de chaque côté de la boîte sont pendus à des cordons contenant des fils conducteurs souples. Le crochet de droite seul est mobile; c'est lui qui sert de commutateur, comme nous l'avons expliqué. L'appareil est muni d'un parafoudre à dents de peigne.

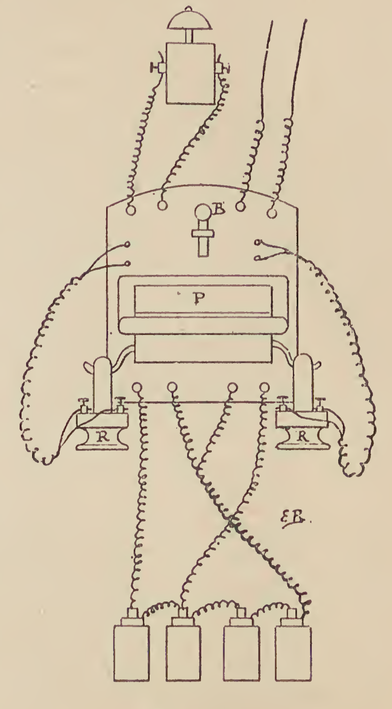


Fig. 1510.
Poste téléphonique.

Fonctionnement. — Voici comment on se sert de l'appareil :

1° Les deux récepteurs RR, étant accrochés, on commence à un des postes par presser sur le bouton B pour prévenir l'autre poste; on attend que ce dernier accuse réception en actionnant à son tour la sonnerie du premier poste ;

2° On décroche les deux récepteurs qu'on applique contre les oreilles ;

3° On parle devant le transmetteur, en se tenant à environ cinq centimètres du pupitre P et en gardant les récepteurs près des oreilles ;

4° Quand la conversation est finie on replace les récepteurs à leurs crochets, et on presse le bouton B de sonnerie pour indiquer que la conversation est terminée.

Bureaux centraux. — Lorsque plusieurs personnes reliées par le téléphone veulent communiquer les unes avec les autres, afin d'éviter le nombre considérable de fils qu'il serait nécessaire d'établir, si on devait créer des communications directes de chacune de ces personnes à toutes les autres, on dispose des bureaux centraux où tous les fils viennent aboutir en un même point.

De cette façon, elles peuvent être mises en communication les unes avec les autres.

Pour arriver à ce résultat, on emploie les tableaux permutateurs et un commutateur à plusieurs directions. Aussitôt qu'une personne désire parler, elle presse le bouton, ce qui fait fonctionner la sonnerie et apparaître le numéro correspondant à son appareil au bureau central qui, sur sa demande, le met en communication avec la personne désirée, en plaçant le commutateur sur le numéro du poste.

Tel est l'ingénieux mécanisme à l'aide duquel deux personnes peuvent, à une distance considérable, se parler et se répondre aussi longtemps qu'elles le désirent et éviter ainsi les pertes de temps résultant de la correspondance écrite ou des déplacements pour s'expliquer de vive voix.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

L'éclairage électrique est le plus confortable qui existe actuellement, et on peut se le procurer partout. C'est seulement une question de dépense première.

Dans les villes où on a établi des stations centrales et des canalisations publiques, il suffit de relier ces canalisations à l'installation intérieure de l'immeuble à éclairer. Un compteur indique la quantité d'énergie électrique dépensée et on paie cette énergie productrice de la lumière à un prix qui varie beaucoup suivant que les localités desservies emploient la force motrice d'une chute d'eau ou celle d'une machine à vapeur.

Lorsqu'on n'est pas dans le réseau d'une station centrale, on peut encore se procurer la lumière électrique en produisant soi-même la force motrice au moyen d'une roue hydraulique ou d'une turbine si on est près d'un cours d'eau, d'un moteur à gaz ou à air comprimé si on est dans une ville comportant des usines produisant ces forces, ou enfin d'une machine à vapeur ou d'un moteur à pétrole si on est éloigné d'une ville ou d'une chute d'eau.

Les cas les plus fréquents sont ceux où, n'ayant pas de force motrice installée on doit faire usage d'un moteur à gaz ou à pétrole ; ces deux sortes de machines ayant une très grande similitude entre elles, il nous suffira d'examiner une installation par moteur à gaz, tout ce qui s'applique à cette machine étant également vrai pour le moteur à pétrole.

Moteur. — Le choix du moteur est très important, il faut d'abord proportionner sa force au travail qu'on aura à lui demander en tenant compte d'une part que le moteur à gaz peut fonctionner dans de bonnes conditions au-dessous de sa force

nominale, mais qu'on ne saurait lui demander un effort plus grand que celui pour lequel il a été construit et, d'autre part qu'il est toujours prudent de prévoir un accroissement de la lumière et qu'on doit par conséquent choisir une machine plus forte que celle qui suffirait aux besoins présents.

L'expérience a démontré en effet que l'usage d'une lumière commode et abondante entraîne à l'exagération des besoins, et, que les installations de lumière quelque complètes qu'elles aient été au début s'augmentent toujours et dans des proportions qui dépassent parfois 50 p. 100.

La force du moteur étant déterminée il faudra choisir le système ; c'est là un point délicat. Il n'entre pas dans notre cadre de prôner tel ou tel moteur, il en existe plusieurs qui donnent de très bons résultats. Nous nous bornerons à indiquer les qualités qu'on doit rechercher dans ces machines lorsqu'on les destine à la production de la lumière électrique.

1° Solidité de construction ;

2° Simplicité des organes ;

3° Régularité de la marche ;

4° Économie dans la consommation.

La régularité de la marche a une importance capitale surtout lorsqu'il s'agit d'éclairer directement sans le secours d'une batterie d'accumulateurs. La vitesse convenable varie entre 200 et 300 tours et jusqu'à présent les moteurs à deux volants peuvent seuls donner une marche régulière.

Ces moteurs peuvent actionner les dynamos soit au moyen de courroies soit par l'intermédiaire de plateaux spéciaux qui placent l'axe de la dynamo dans le prolongement de l'axe du moteur et le font tourner avec la même vitesse en laissant toutefois dans la transmission une certaine élasticité qui sert à augmenter la régularité de la marche de la dynamo.

Les moteurs à gaz doivent être fixés solidement sur une base en maçonnerie ou en charpente. On peut éviter le bruit et les trépidations en interposant une couche de bitume dans la maçonnerie et en plaçant une feuille de plomb entre la base et le socle de la machine.

Il est nécessaire d'établir une circulation d'eau pour le refroidissement du cylindre. Cette eau ne doit pas être complètement froide si on veut obtenir une marche économique ; la température convenable est de 50 à 60°.

Dynamos. — Les appareils employés pour produire l'électricité par transformation de la force mécanique sont des *machines dynamos électriques*, ou, par abréviation, des *dynamos*.

Ces machines se composent d'un *inducteur*, formé par un ou plusieurs électro-aimants produisant le champ magnétique, d'un *induit* qui tourne dans ce champ et dans lequel se produit le courant utilisé, et d'un *collecteur* qui recueille les courants induits et les redresse si c'est nécessaire. Les dynamos sont à courants alternatifs ou à courants continus. Ces dernières sont presque exclusivement employées pour les installations particulières.

Les dynamos peuvent être excitées en *série* ou en *dérivation*; ou enfin être *compound*, c'est-à-dire entourées d'un double circuit, l'un en série, l'autre en dérivation, ce qui permet de mieux répondre à toutes les exigences d'un éclairage.

La force électromotrice des dynamos est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique et à la longueur du fil induit ; elle augmente avec la vitesse ; c'est ce qui explique la nécessité de la régularité de marche des moteurs qui actionnent les dynamos.

Pour chaque dynamo il existe une vitesse minimum au-dessous de laquelle elle ne s'amorce pas.

Une dynamo bien construite ne doit pas donner d'étincelles aux points de rencontre des balais avec les collecteurs. Ces étincelles proviennent des courts-circuits qui s'établissent entre les lames voisines du collecteur et elles sont une cause de perte d'énergie électrique en même temps qu'une cause rapide d'usure du collecteur et des balais.

Les dynamos doivent être installées dans un local frais ou bien ventilé, pour diminuer l'échauffement, et sec, pour éviter les pertes d'électricité.

Elles doivent être fixées sur une base solide pour éviter les trépidations, et il est bon d'interposer une couche isolante de bois ou de gutta-percha entre la machine et le massif de fondation.

Les dynamos doivent être entretenues dans un parfait état de propreté. Les matières étrangères, les poussières, l'humidité peuvent, sur les parties isolantes, produire une dérivation ; sur le collecteur, elles peuvent, au contraire, empêcher la communication.

Accumulateurs. — Les accumulateurs sont des appareils qui, après avoir été chargés soit par des piles primaires, soit par des machines dynamos, peuvent restituer sous forme de courant immédiatement ou au bout d'un certain temps, la plus grande partie de l'énergie qu'ils ont reçue.

Quand on fait passer un courant entre deux lames métalliques

plongées dans un liquide les éléments qui constituent ce liquide se portent l'un sur l'électrode positive, l'autre sur l'électrode négative. Si ces corps ne se dégagent pas immédiatement, ils tendent à se recombiner et créent ainsi une force contre-électromotrice de polarisation.

Les accumulateurs ne rendent jamais complètement l'énergie qu'ils ont absorbée ; mais, malgré ce défaut et certains soins d'entretien, ils peuvent rendent des services dans bien des cas.

Ils régularisent la lumière d'une façon absolue et parent aux inconvénients d'une extinction subite. Ils permettent enfin d'avoir de la lumière lorsque le moteur ne fonctionne pas.

Les accumulateurs chargés au dehors peuvent être employés pour un éclairage accidentel.

Conducteurs. — L'énergie électrique est conduite de la dynamo ou des accumulateurs jusqu'aux divers appareils qui doivent l'employer par des câbles ou des fils en cuivre rouge entourés généralement d'une matière isolante plus ou moins parfaite. Dans les endroits humides, on doit employer des conducteurs sous plomb.

Tous les conducteurs sont fixés soit dans les gaines en bois munies d'un couvercle, soit sur des isoloirs qui empêchent toute déperdition de courant.

La section des conducteurs doit être calculée en raison de l'intensité du courant qui y passe, afin qu'il n'y ait jamais d'échauffement dangereux.

Coupe-circuit. — A chaque changement de section des conducteurs et en avant de chaque lampe ou groupe de lampes, on place un coupe-circuit destiné à recevoir un fil fusible dont la section est déterminée en raison du courant maximum à transmettre. Si, pour une cause quelconque l'intensité du courant s'élève de façon anormale et pouvant devenir dangereuse pour la conservation des appareils, le fil fusible, en se volatilisant, interrompt le courant et les appareils placés au delà n'ont plus rien à craindre.

Interrupteurs. — Chaque lampe ou groupe de lampes devant éclairer ensemble est commandé par un interrupteur enfermé dans une matière isolante et placé d'une manière convenable pour en faire la manœuvre.

Foyers lumineux. — Les foyers lumineux employés actuellement se divisent en trois catégories :

1° Les lampes à arc ou régulateurs ;

2° Les lampes à incandescence ;

3° Les bougies électriques.

Nous allons les examiner successivement.

1° Dans la lampe à arc la lumière est produite par un arc lumineux qui se forme entre deux charbons maintenus légèrement écartés l'un de l'autre et placés dans le même axe. Le charbon employé est très pur et il est fabriqué artificiellement avec beaucoup de soins afin d'obtenir la plus grande homogénéité possible. Parfois il a à l'intérieur une âme d'une matière différente.

Ces charbons sont reliés aux conducteurs venant des deux pôles de la dynamo ou de la batterie d'accumulateurs. Le charbon positif est généralement placé en haut et le charbon négatif en bas. Avec les courants continus, le charbon positif s'use deux fois plus vite que le charbon négatif, aussi est-il d'usage de lui donner une section plus considérable.

Le charbon positif se creuse en forme de cratère tandis que le charbon négatif prend la forme d'une pointe ; cette différence est due à ce qu'il y a des particules de charbon transportées dans les deux sens, mais surtout dans le sens du courant, c'est-à-dire du charbon positif au négatif.

On attribue la formation de l'arc électrique à des particules très fines, peut-être des vapeurs, qui sont entraînées par le courant et établissent une communication entre les deux électrodes. Au spectroscope, l'arc donne un spectre cannelé présentant les raies du charbon et celles des métaux qui peuvent se trouver dans les charbons. Les charbons, eux, donnent un spectre continu qui s'étend très loin du côté du violet. La lumière émise est donc riche en rayons très réfrangibles et paraît bleuâtre.

Cette couleur et ces qualités spéciales de la lumière à arc la désignent pour certains emplois et l'interdit pour certains autres. Elle convient par exemple pour l'éclairage des grandes surfaces à découvert ou pour les locaux assez élevés où une lumière crue n'a pas d'inconvénients, mais elle ne convient pas pour l'éclairage des appartements et même, employée seule, pour l'éclairage des grandes salles de fête où elle n'avantage ni les toilettes, ni le teint des dames (fig. 1511).

2° La lampe à incandescence est composée d'une ampoule en verre dans laquelle on a fait un vide aussi parfait que possible et où on a placé un filament de charbon végétal aboutissant par ses extrémités aux deux pôles de la lampe.

Le filament doit être très homogène et élargi vers les bouts

pour avoir plus de solidité. On lui fait faire dans la lampe une ou plusieurs courbes ce qui donne plus de résistance aux chocs et aux variations de longeur et est plus avantageux pour la lumière (fig. 1512).

On fabrique des lampes à incandescence depuis 1 bougie jusqu'à 500 bougies ; mais les types les plus usités sont ceux de 4, 5, 8, 10 et 16 bougies.

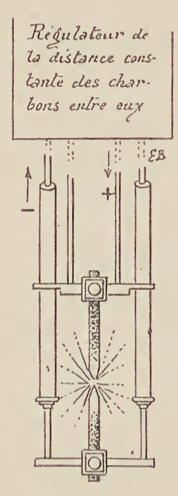


Fig. 1511.
Lampe à arc.

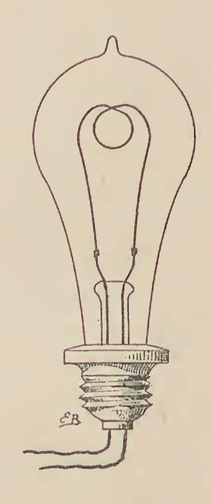


Fig. 1512.
Lampe à incandescence.

La lumière émise par les filaments des lampes à incandescence est riche en radiations rouges et jaunes ; elle est cependant moins rouge que la lumière du gaz brûlant dans un bec ordinaire. Elle convient pour l'éclairage des habitations et en habillant les lampes avec des globes ou des tulipes de diverses couleurs on obtient de très jolis effets de lumière.

3° Les bougies électriques, fort peu employées aujourd'hui, sont des lampes où l'arc se produit entre deux charbons placés à côté l'un de l'autre et séparés par une couche de matière isolante qui brûle au fur et à mesure que l'arc s'abaisse par suite de l'usure des charbons. Les bougies, dont la lumière a les mêmes propriétés que celle de l'arc, nécessitent une force plus grande à égalité d'intensité, et c'est là qu'il faut chercher principalement le motif qui en fait abandonner l'emploi.

ARRÊTÉ DU 15 SEPTEMBRE 1893

RÈGLEMENT POUR L'ÉTABLISSEMENT ET LE FONCTIONNEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉLECTRICITÉ SUR LA GRANDE VOIRIE NATIONALE

(*Exécution de la circulaire de M. le Ministre des Travaux publics du 1er septembre* 1893.)

Vu les lois et règlements qui ont pour objet la conservation du domaine public et la sécurité de la circulation publique, notamment :

L'édit de décembre 1607 ;

L'arrêt du Conseil d'État du 27 février 1763 :

L'article 2 de la section 3 de la loi du 22 décembre 1789-janvier 1790, et l'article 3 de la loi du 28 pluviôse an VIII ;

L'article 29 du titre 1er de la loi des 12-19-22 juillet 1791 ;

Les lois des 29 floréal an X et 23 mars 1842 :

Vu l'arrêté préfectoral du 1er décembre 1859, concernant les permissions de grande voirie ;

Vu l'arrêté des Ministres des Travaux publics et des Finances, en date du 3 août 1878, relatif aux occupations du domaine public national ;

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — L'établissement et le fonctionnement des conducteurs d'électricité sur la grande voirie nationale sont assujettis aux dispositions du présent arrêté en ce qui concerne la sécurité de la circulation publique et la conservation des ouvrages, sans préjudice de l'application des lois et règlements de grande voirie, des lois et règlements ressortissant au service des postes et télégraphes, notamment du décret du 15 mai 1888, et enfin, quand il y a lieu, des prescriptions additionnelles des actes de concession des distributions d'électricité.

Toutefois, l'établissement et le fonctionnement des conducteurs sur lesquels les trains de chemins de fer ou de tramways, ou les bateaux mus par l'électricité recueillent directement les courants qui actionnent leurs machines, continuent à être exclusivement soumis aux conditions prescrites tant par l'autorité chargée desdits chemins de fer, tramways ou bateaux, que par le service des postes et télégraphes.

CHAPITRE PREMIER

PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES

ART. 2. — *Forme des demandes.* — Tout concessionnaire d'une distribution d'électricité qui veut établir les conducteurs de sa concession sur la grande voirie ; tout particulier qui veut établir sur la

grande voirie des conducteurs pour le service exclusif d'un immeuble dont il est propriétaire, usufruitier ou locataire, doit en faire la demande au préfet dans la forme prescrite par l'arrêté préfectoral du 1er décembre 1859, concernant les permissions de grande voirie.

Lorsqu'il s'agit d'une concession municipale de distribution d'électricité, empruntant la grande voirie, la demande est présentée par le maire, et la permission est accordée, s'il y a lieu, à la commune, avec faculté de rétrocession aux concessionnaires choisis par elle.

Les demandes doivent être produites en trois expéditions dont chacune sera accompagnée des documents spécifiés ci-après et dont une seule sera sur papier timbré.

Art. 3. — *Documents à produire à l'appui des demandes.* — Toute demande doit être accompagnée :

1° Des plans, profils, dessins et mémoires justificatifs nécessaires pour définir l'emplacement, la nature, le mode d'installation, les constantes électriques et l'isolement des conducteurs projetés, ainsi que les précautions prises contre leur échauffement ;

2° D'un engagement conforme au modèle annexé au présent arrêté ;

3° Du consentement écrit des propriétaires riverains aux maisons desquels doivent être fixés les supports des conducteurs aériens.

Les plans, profils, dessins et mémoires doivent notamment définir :

1° *Pour les conducteurs aériens :*

A. Le type des supports, leurs dimensions, l'emplacement de chacun d'eux, avec toutes justifications concernant leur solidité, la solidité des conducteurs, les efforts exercés sur les points d'attache sous l'action du poids des conducteurs et du vent, le mode d'entretien, etc.

B. Le type d'un isolateur proposé ;

2° *Pour les conducteurs souterrains :*

A. La situation respective de la canalisation projetée et des autres canalisations déjà en place telles que égouts, conduits d'eau, d'air comprimé ou de gaz et de conducteurs d'électricté ; cette situation sera définie par des plans et par des coupes suffisamment nombreuses et bien choisies, indiquant les parties où les conducteurs électriques seront à moins de 0m,50 de masses métalliques ou d'autres conducteurs électriques ;

B. Les types de câbles et le système d'installation.

Art. 4. — *Forme et délivrance des autorisations.* — Les autorisations sont données et délivrées dans la même forme que les permissions de grande voirie.

L'arrêté d'autorisation désigne, dans chaque cas, le service d'ingénieur en chef et le service d'ingénieur ordinaire, qui sont chargés du contrôle en ce qui concerne la grande voirie nationale.

L'exécution des travaux est subordonnée à l'observation des règles indiquées aux articles 5 et 6 ci-après.

Art. 5. — *Documents à produire avant l'exécution des travaux de premier établissement.* — Avant l'exécution de tout travail, le permissionnaire doit remettre contre reçu, à l'ingénieur en chef du service du contrôle, les dessins de détail, complémentaires des dessins géné-

raux produits à l'appui de la demande, avec plans, profils et mémoires explicatifs et justificatifs, le tout en triple expédition.

Art. 6. — *Exécution des travaux de premier établissement.* — Le permissionnaire ne peut commencer les travaux qu'après avoir reçu l'avis écrit de l'approbation, par l'ingénieur en chef, des dessins mentionnés à l'article précédent ou une lettre de ce chef de service déclarant qu'il n'y a pas lieu à production de dessins complémentaires.

Il doit, au moins huit jours à l'avance, prévenir l'ingénieur ordinaire du contrôle de la date à laquelle les travaux seront commencés, afin que le tracé en soit vérifié. Il doit également le prévenir de leur achèvement en vue de leur récolement.

Art. 7. — *Documents à produire après l'exécution des travaux de premier établissement.* — Le permissionnaire doit remettre à l'ingénieur en chef du contrôle, un mois au plus après l'achèvement de chaque section de conduite principale ou de chaque branchement, un plan et des profils et dessins exactement conformes à l'exécution, indiquant, avec les cotes nécessaires pour repérer la conduite et ses accessoires par rapport à des points déterminés de la surface, le tracé de la conduite en plan, son profil en long, ainsi que les coupes et détails de construction, le tout en ce qui concerne la grande voirie. Sur le plan et les profils, le permissionnaire doit indiquer les masses métalliques et leur destination, ainsi que les parties de canalisation dont la distance à ces masses métalliques est inférieure à $0^{m},50$.

Une notice explicative indique les constantes électriques du courant, la résistance, la section et l'isolement de chaque conducteur avec justification à l'appui.

Si le permissionnaire ne s'est pas conformé à ces prescriptions dans le délai d'un mois, ou si les plans et documents produits sont inexacts ou incomplets, l'ingénieur en chef le met en demeure de faire le nécessaire, en lui donnant un délai supplémentaire de quinze jours.

Passé ce nouveau délai, l'ingénieur en chef fait constater la non-exécution et peut faire procéder à l'établissement d'office des plans et documents ci-dessus définis, aux frais du permissionnaire.

Art. 8. — *Essais.* — Des essais d'isolement ou tous autres prescrits par le contrôle doivent être faits, avant toute mise en service, par le permissionnaire, en présence de l'ingénieur ou de son délégué ; les résultats en sont consignés sur des procès-verbaux certifiés par le permissionnaire et visés par l'ingénieur ou son délégué.

Art. 9. — *Mise en service.* — Les conducteurs ne peuvent être mis en service qu'après notification au permissionnaire du procès-verbal de récolement prévu à l'article 36 de l'arrêté réglementaire, du 1er décembre 1859, concernant les permissions de grande voirie, sans préjudice de l'accomplissement des autres obligations imposées par l'acte de concession.

Art. 10. — *Vérification de l'état des conducteurs pendant l'exploitation.* — Le permissionnaire est tenu de vérifier l'état électrique, la résistance et l'isolement des conducteurs le plus souvent possible et,

en tout cas, au moins une fois par trimestre pendant la première année, au moins une fois par an pendant les années suivantes, et à un moment quelconque, à toute réquisition de l'ingénieur du contrôle.

Les vérifications requises par l'ingénieur du contrôle sont faites en présence et sous la direction d'un agent de contrôle à ce délégué par lui.

Les résultats de chaque vérification sont consignés sur un registre dont le modèle est arrêté par l'ingénieur en chef et qui doit être présenté aux agents du contrôle à toute réquisition.

Art. 11. — *Exécution des travaux partiels pendant l'exploitation.* — Dans l'exploitation des conducteurs électriques régulièrement établis, l'exécution de toute fouille sur la voie publique doit être au préalable autorisée par lettre de l'ingénieur ordinaire du contrôle.

Pour l'établissement de branchements nouveaux, le permissionnaire doit adresser, trois jours au moins à l'avance, une demande en double expédition, à l'ingénieur ordinaire du contrôle. La demande spécifie la jonction, la longueur du branchement, la section et l'isolement des conducteurs avec toutes justifications à l'apppui.

Si dans les trois jours, le permissionnaire n'a pas reçu avis contraire, il peut exécuter les travaux en se conformant aux indicatons de sa demande.

En cas d'avarie subite ou d'accident, le permissionnaire peut exécuter les fouilles nécessaires, à charge, dans les vingt-quatre heures, de justifier l'urgence et de remplir les formalités indiquées ci-dessus.

Art. 12. — *Mise annuelle au courant du plan du réseau.* — Chaque année, dans la première quinzaine de janvier, le permissionnaire doit adresser à l'ingénieur en chef, un état, dûment signé, indiquant les modifications, additions ou suppressions apportées au réseau, tant à la canalisation principale qu'aux branchements sur la grande voirie.

Il y joint les plans ou extraits de plans nécessaires à la mise à jour du plan du réseau déposé au bureau de l'ingénieur en chef en conformité de l'article 7 ci-dessus.

Art. 13. — *Surveillance.* — Les ingénieurs et agents chargés du service du contrôle ont le droit d'entrer dans les usines contenant les appareils d'électricité pour y faire procéder en leur présence aux expériences et épreuves de contrôle intéressant l'application du présent règlement et la sécurité de la voie publique.

CHAPITRE II

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPÉCIALES AUX CONDUCTEURS AÉRIENS

Art. 14. — *Supports.* — Les supports ne peuvent être établis sur le domaine public qu'à la condition de n'apporter aucune gêne à la circulation, et de présenter toute garantie de solidité.

Ils doivent être placés, en général, aussi près que possible de la limite du domaine public.

Aucun support ne sera établi sur la chaussée, si ce n'est en vertu d'une autorisation du Ministre des Travaux publics.

Art. 15. — *Isolateurs.* — Les conducteurs doivent être placés sur isolateurs. Le type isolateur est soumis à l'approbation préalable du préfet sur le rapport des ingénieurs du contrôle, lorsque la différence de potentiel entre les conducteurs doit dépasser 200 volts en courant alternatif, ou 400 volts en courant continu.

La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 mètres.

Art. 16. — *Conducteurs.* — § 1. Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction, pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils ont à supporter.

§ 2. Ils doivent être inaccessibles au public.

§ 3. Lorsque les courants sont alternatifs, ou lorsque, dans le cas de courants continus, la différence de potentiel entre les conducteurs dépasse 400 volts, le permissionnaire doit munir les supports de dispositions spéciales, pour empêcher, d'une façon absolue, les passants d'atteindre les conducteurs.

§ 4. Lorsque les conducteurs sont établis sur les voies plantées, les arbres sont élagués aux frais du permissionnaire, sous la direction du service du contrôle, de façon à laisser toujours au moins 1 mètre entre les conducteurs et les branches voisines.

§ 5. Tout conducteur traversant une voie publique terrestre doit être tenu à 8 mètres au moins au-dessus du sol; l'angle qu'il fait avec la direction de la voie ne doit pas être inférieur à 60°. A la traversée des rivières et canaux navigables, la hauteur des parties les plus basses des conducteurs, au-dessus des plus hautes eaux navigables, doit être d'au moins 17 mètres ; toutefois, une hauteur minimum plus grande peut être prescrite par les arrêtés d'autorisation, lorsqu'il s'agit de traverser une rivière, habituellement parcourue par des navires de mer. A la traversée des bras de mer, chenaux et bassins maritimes et à celle de la partie maritime des fleuves, les conducteurs aériens sont interdits.

§ 6. Les points d'attache des conducteurs qui suivent longitudinalement les voies publiques sont à $6^{m},50$ au moins au-dessus du sol, et les conducteurs eux-mêmes ne doivent, en aucun point, être à moins de 6 mètres au-dessus du sol.

§ 7. Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs électriques sont en outre soumis aux règles suivantes :

1° Les conducteurs de la canalisation principale prennent généralement leur appui aux maisons riveraines ; ils doivent être placés à 1 mètre au moins des façades, à $0^{m},50$ au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, en dehors de la portée des habitants. S'ils passent au-dessus d'un toit en terrasse, ils doivent être à une hauteur de $2^{m},50$ au moins au-dessus du point le plus élevé.

L'emploi des conducteurs nus n'est autorisé que quand la différence de potentiel entre les conducteurs ne dépasse pas 120 volts en courant alternatif, ou 400 volts en courant continu.

2° Les conducteurs formant branchement particulier doivent être recouverts d'un isolant, depuis la canalisation principale jusque dans l'intérieur de l'immeuble à desservir.

§ 8. Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, les matières employées pour obtenir l'isolement doivent être telles qu'elles ne soient pas sujettes à des changements nuisibles d'état physique ou de constitution par la chaleur ou les intempéries. La matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 0m,0025, et être garantie suffisamment à l'extérieur contre la détérioration ou l'usure par frottement.

CHAPITRE III

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPÉCIALES AUX CONDUCTEURS SOUTERRAINS

Art. 17. — *Conditions d'établisssement.* — § 1er. La canalisation doit être établie sous trottoirs, en dehors des chaussées, et à une profondeur minimum de 0m,60.

§ 2. Les conducteurs électriques doivent être placés dans des conduites en matière résistante et durable ; toutefois, les câbles armés peuvent être directement placés dans le sol.

§ 3. Dans tous les cas, le type de câbles et le système d'installation doivent être, au préalable, approuvés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs du contrôle.

§ 4. Il est exclusivement fait usage de câbles armés dans les cas suivants :

1° Lorsqu'il y a intérêt pour la sécurité de la circulation publique, ou la conservation des ouvrages, à maintenir l'isolement prévu ;

2° Lorsque les conducteurs rencontrent fréquemment sur leurs parcours, des conduites métalliques d'eau, de gaz, d'air comprimé ou d'électricité, déjà autorisées, ou qu'ils se trouvent à moins de 0m,50 de ces conduites.

3° Lorsqu'ils sont placés dans des conduites métalliques ;

4° Lorsque le trottoir a moins de 2 mètres de largeur.

§ 5. Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter l'introduction des eaux. Des précautions doivent être prises, en outre, pour assurer l'évacuation des eaux en cas d'introduction accidentelle.

§ 6. Pour la traversée des voies, les conducteurs peuvent être placés sous chaussée, moyennant des dispositions telles qu'il soit possible de visiter et de remplacer les conducteurs sans faire de fouilles dans la chaussée. Dans ce cas, la canalisation doit présenter des conditions spéciales de solidité.

Art. 18. — *Voisinage des conduites de gaz.* — Lorsque, dans le voisinage des conducteurs électriques, il existe des conduites de gaz, et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissisnnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation du gaz.

Art. 19. — *Regards.* — Les regards établis par le permissionnaire

ne doivent renfermer ni tuyaux d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être isolées électriquement.

Art. 20. — *Branchements.* — Les conducteurs électriques formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement, d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

Art. 21. — *Isolement électrique.* — Le réseau doit être disposé de façon à ce qu'on puisse débrancher les abonnés et diviser en parties la canalisation principale.

Dans chaque partie de cette canalisation, la résistance d'isolement entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être inférieure à $5\ E^2$; E désignant la différence maximum de potentiel entre les conducteurs, exprimée en volts.

CHAPITRE IV

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 22. — *Retour du courant par la terre.* — Il est interdit d'employer la terre pour le retour du courant.

Art. 23. — *Transformateurs.* — Aucun transformateur ne doit être placé sur la voie publique, à moins d'autorisation spéciale.

Art. 24. — *Exceptions.* — Les demandes relatives à des installations comportant des courants de tension supérieure à 10 000 volts, ou des dispositions techniques non définies au présent règlement, ou des dérogations à ce règlement, sont réservées à l'examen et à la décision du Ministre des Travaux publics.

Art. 25. — *Responsabilité du permissionnaire.* — Nonobstant les autorisations obtenues, le permissionnaire est responsable vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient des travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs électriques qu'elles contiennent.

Art. 26. — L'occupation du domaine public de la grande voirie nationale par les conducteurs d'électricité aériens ou souterrains donne lieu à la perception, au profit du Trésor, de redevances qui sont établies et perçues conformément aux prescriptions de l'arrêté des Ministres des Finances et des Travaux publics, en date du 3 août 1878.

Art. 27. — *Mode de constatation des contraventions.* — Les contraventions au présent règlement et aux arrêtés spéciaux, portant autorisation d'installations électriques, rendus par application de ces prescriptions sont constatées par les ingénieurs, conducteurs, commis et autres agents assermentés des ponts et chaussées.

Art. 28. — *Publication et exécution du règlement.* — Le présent arrêté sera publié et affiché en la forme ordinaire. Il sera, en outre, inséré au *Recueil des Actes administratifs* du département. Les ingé-

nieurs en chef des services des ponts et chaussées dans le département sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'en surveiller et d'en assurer l'exécution.

CHAPITRE V

DISPOSITION TRANSITOIRE

ART. 29. — *Installations existantes.* — Les installations autorisées antérieurement au présent règlement peuvent être maintenues dans les conditions de leur autorisation.

Toutefois les prescriptions du présent règlement, autres que celles relatives aux dispositions matérielles des conducteurs et autres ouvrages, sont immédiatement applicables à ces installations.

DEMANDE

D'AUTORISATION D'ÉTABLISSEMENT DE CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES SUR LA GRANDE VOIRIE

ENGAGEMENT A JOINDRE A LA DEMANDE

Modèle.

Je soussigné [1] , demeurant à et faisant élection de domicile à , rue , n° , demandeur d'une autorisation pour établir des conducteurs électriques sur [2] ;

Lesdits conducteurs étant destinés à [3] ;

Me soumets et m'engage ;

1° A observer toutes les conditions qui me seront imposées par le préfet pour l'établissement et le fonctionnement desdits conducteurs électriques ;

[1] Nom et prénoms, s'il s'agit d'une distribution qui fait l'objet d'une concession principale, mettre :

« Je soussigné (nom et prénoms), maire de la commune d agissant en cette qualité. »

[2] Indiquer les voies de grandes voiries empruntées. S'il s'agit d'une distribution qui fait l'objet d'une concession municipale, mettre :

« Demandeur, au nom de ladite commune, d'une autorisation pour établir des conducteurs électriques sur

[3] S'il s'agit d'un usage privé, mettre :

« Destinés au service exclusif d'un immeuble sis à rue , n° , dont je suis propriétaire (ou usufruitier, ou locataire). »

S'il s'agit d'une concession pour l'usage du public, mettre suivant les cas :

« Destinés à une distribution de lumière, en vertu de la concession donnée par délibération du Conseil municipal d , en date du ».

Ou « destinées à une distribution de force ou (d'électricité pour usages industriels), en vertu de la concession donnée par décret (ou la loi) du ».

2° A laisser pénétrer dans les usines et établissements contenant les appareils d'électricité, les ingénieurs et agents chargés du service du contrôle, conformément aux articles 4 et 13 du règlement établi par arrêté préfectoral du 15 septembre 1893, pour y faire procéder, en leur présence et à mes frais, à toutes les expériences et épreuves intéressant l'application des règlements et la sécurité de la voie publique ;

3° A payer, dans la quinzaine de la présentation des rôles arrêtés par le préfet, sauf recours au Ministre des Travaux publics, les frais des travaux, levers de plans, essais, vérifications et opérations qui auraient été faits d'office à mon compte par l'Administration, en exécution du susdit arrêté préfectoral du 15 septembre 1893, dans l'intérêt de la circulation et de la sécurité du public.

Je reconnais que l'observation rigoureuse du présent engagement est une condition déterminante de l'autorisation, et qu'en cas d'inexécution de cet engagement l'autorisation pourrait m'être retirée sans que j'aie le droit à réclamation.

Fait en triple expédition, dont une sur timbre, pour être joint à ma demande, en date du   , conformément à l'article 3 de l'arrêté préfectoral réglementaire du 15 septembre 1893 [1].

CANALISATION SUR LES VOIES PUBLIQUES. — INSTRUCTIONS

A. Les canalisations ou conducteurs qu'un particulier demande à établir pour le service d'un immeuble dont il est propriétaire, usufruitier ou locataire, sont installés sous ou sur la voie publique, en vertu d'une simple permission de voirie délivrée par le Maire pour la petite voirie, ou par le Préfet pour la grande voirie et pour les chemins vicinaux de grande communication ou d'intérêt commun.

B. Toute entreprise de distribution collective d'eau ou de lumière sur les voies publiques doit faire l'objet d'une concession municipale.

Le projet de concession est soumis par le Maire au Conseil municipal. Ce projet doit indiquer :

1° Le tarif maximum des abonnements ;

2° Les conditions du service qui sera offert au public moyennant ce tarif ;

3° Toutes les autres conditions d'établisssement ou d'exploitation de distribution collective sur l'ensemble des voies publiques du territoire de la commune ; le tout arrêté dans un cahier des charges qui, d'une part, règle les obligations de l'entrepreneur envers la commune et envers la voie publique, notamment en ce qui concerne le service à fournir et le maximum des tarifs exigibles, et qui, d'autre part, détermine les obligations de la commune envers l'entrepreneur. Ledit cahier des charges soumet l'entrepreneur aux règlements de voirie et autres, faits ou à faire par l'autorité compétente ; il subordonne l'établissement des ouvrages de la distribution sur les voies nationales ou départementales et sur les chemins de grande communica-

[1] Lieu, date et signature.

tion ou d'intérêt commun à des permissions de voirie qui seront éventuellement délivrées, s'il y a lieu par le Préfet, sur la demande du Maire.

Le projet, après avoir été voté par le Conseil municipal, est soumis par le Maire à l'approbation de l'autorité compétente.

Une fois cette approbation intervenue, s'il y a lieu, les permissions de voirie à délivrer par le Préfet font l'objet d'arrêtés préfectoraux ; elles sont données à la commune, représentée par le Maire, et non à l'entrepreneur du service de la distribution collective d'eau ou de lumière. Elles soumettent l'établissement et l'exploitation des ouvrages de la distribution sur la voie publique aux conditions jugées nécessaires pour assurer la sécurité et la commodité de la circulation et pour éviter tout danger et toute gêne aux public comme aux riverains; elles réservent notamment l'application de tous règlements faits ou à faire dans ce but.

PARATONNERRES

L'électricité est partout. Différentes hypothèses cherchent à expliquer l'origine de l'électricité atmosphérique en l'attribuant au frottement de l'air sur le sol, à la végétation des plantes, etc.

Le premier, Volta prouva que l'eau en s'évaporant produit de l'électricité. Pouillet, depuis, a démontré que l'eau distillée ne donne jamais lieu à aucun dégagement d'électricité, mais que, si elle tient en dissolution un sel ou un alcali, on peut constater la présence de l'électricité.

L'évaporation des eaux de mer, chargées de sels ou autres composés, verse constamment dans l'atmosphère de l'électricité positive ou négative; c'est ce qui explique comment les nuages sont électrisés positivement et d'autres fois négativement.

Les nuages sont toujours plus ou moins électrisés ; ceux positifs sont formés des vapeurs électrisées positivement qui se dégagent du sol ; pour les négatifs on admet qu'ils résultent des brouillards qui, par leur contact avec la terre, sont chargés du fluide négatif qu'ils élèvent avec eux dans l'atmosphère.

Lorsque les nuages sont chargés d'électricité, il éclate une étincelle qui produit une lumière éblouissante à laquelle on donne le nom d'*éclair* et qui, par les temps d'orage, est suivie d'une détonation violente à laquelle on a donné le nom de *tonnerre*. Lumière et bruit sont toujours presque simultanés ; l'intervalle qu'on observe parfois entre l'éclair et la détonation est dû à ce que le son ne parcourt que 337 mètres par seconde,

tandis que la lumière se propage pour ainsi dire immédiatement [1].

Le bruit du tonnerre résulte de l'ébranlement qu'excite, dans la nue et dans l'air, la décharge électrique. Près du lieu où jaillit l'éclair, le bruit du tonnerre est sec et de courte durée. Plus loin on entend une série de bruits ; plus loin encore, le bruit, faible au commencement, se change en un roulement prolongé, d'intensité très inégale.

La foudre est la décharge électrique qui s'opère entre un nuage orageux et le sol. Celui-ci, sous l'influence de l'électricité du nuage, se charge d'électricité contraire, et lorsque l'effort que font les deux électricités pour se réunir l'emporte sur la résistance de l'air, l'étincelle éclate, ce qu'on exprime en disant que la foudre *tombe*.

Nous avons vu que, sur une sphère métallique, l'épaisseur de la couche électrique est la même en chaque point de la surface en raison de sa forme symétrique sur tous points. Mais que, si l'on changeait la forme du corps électrisé en lui donnant celle d'un ellipsoïde allongé, la couche cesserait d'être uniforme ; le fluide électrique s'accumulerait vers la partie la plus aiguë, et si on ajoutait une pointe, l'électricité s'accumulant et la tension croissant en même temps, l'emportait bientôt sur la résistance de l'air ; alors le fluide se dégagerait dans l'atmosphère, et si ce dégagement avait lieu dans l'obscurité, on remarquerait sur la pointe une aigrette lumineuse.

Le *pouvoir des pointes*, découvert ou plutôt utilisé par Franklin, s'explique par la loi de distribution du fluide électrique à la surface des corps, et est la véritable théorie des paratonnerres. Si on considère que tout corps électrisé, même isolé, perd plus ou moins promptement son électricité, suivant que l'atmosphère est plus ou moins humide ou chargée de vapeur, on comprendra qu'un paratonnerre puisse présenter un écoulement facile à l'électricité du sol attirée par l'électricité des nuages orageux et neutraliser ainsi le fluide de la nue.

Origine du paratonnerre. — Depuis bien longtemps déjà l'attention des savants s'était arrêtée sur les analogies existant entre les phénomènes particuliers des orages et ceux déjà connus de l'électricité. Le pouvoir des pointes était même connu, mais non employé, il était réservé à Franklin de lui donner une application utile.

[1] La lumière parcourt 308 000 mètres à la seconde.

C'est vers 1749 que l'illustre physicien exécuta les expériences qui devaient l'immortaliser. Un cerf-volant, muni d'une pointe métallique, rattaché avec une corde métallique, était lancé dans l'atmosphère ; le fluide soutiré parcourait le conducteur à l'extrémité duquel on pouvait le recueillir et obtenir des étincelles. Le fluide ne provenait pas des nues généralement situées à de grandes altitudes, mais des couches d'air influencées par les nuages chargés d'électricité.

L'analogie de la foudre avec l'électricité était démontrée, et comme de plus on savait que les pointes avaient le pouvoir d'enlever aux nuages orageux la plus grande partie du fluide qu'ils contiennent ; c'était le paratonnerre inventé.

La théorie donnée par Franklin admettait que les pointes métalliques soutirant des nuages le fluide électrique, il suffirait, pour décharger un nuage, de mettre en communication, au moyen d'un conducteur, la pointe avec le réservoir commun, la terre, pour que l'électricité, soutirée par la pointe, s'écoulât à travers le système métallique pour se perdre ensuite dans le sol.

Cette théorie se rapprochait de la vérité mais n'était pas absolument exacte parce qu'à l'époque de Franklin les phénomènes d'électrisation par influence étaient encore très imparfaitement connus. Il admettait que les paratonnerres soutirent aux nuages orageux leur électricité ; c'est le contraire qui a lieu. Lorsqu'un nuage orageux, électrisé positivement, par exemple, s'élève dans l'atmosphère, il agit par influence sur la terre, repousse au loin le fluide positif et attire le fluide négatif, qui s'accumule sur les corps placés à la surface du sol, d'autant plus abondamment que ces corps atteignent une plus grande hauteur. Les plus hauts sont alors ceux qui possèdent la plus forte tension, et qui, par conséquent, sont les plus exposés à la décharge électrique ; mais si ces corps sont armés de pointes métalliques, comme les tiges des paratonnerres, le fluide négatif attiré du sol par l'influence du nuage s'écoule dans l'atmosphère et va neutraliser le fluide positif de la nue. Le paratonnerre s'oppose donc à l'accumulation de l'électricité à la surface de la terre, mais de plus, il tend à ramener les nuées orageuses à l'état naturel, double effet qui a pour but de prévenir la chute de la foudre. Cependant, quand le dégagement d'électricité devient trop considérable, le paratonnerre est insuffisant pour décharger le sol et alors la foudre éclate ; mais dans ces cas, la théorie de Franklin redevient vraie, c'est le paratonnerre qui reçoit la décharge, et, en raison de sa plus grande conductibilité, préserve l'édifice.

Zone de protection. — Dans les instructions prescrites par la commission chargée d'étudier l'établissement des paratonnerres sur les édifices municipaux de la Ville de Paris, il est admis que : « Dans une construction ordinaire, une tige protège efficacement le volume d'un cône de révolution ayant la pointe pour sommet et la hauteur de cette tige, mesurée à partir du faîtage, multiplié par $1^m,75$ pour rayon de base ; ainsi une tige de 8 mètres protège efficacement un cône dont la base, mesurée sur le faîtage, aura $1^m,75 \times 8 = 14$ mètres de rayon. Dans la pratique on donne un écartement un peu plus considérable aux tiges, à la condition de faire usage *d'un circuit de faîtes.* »

On admet couramment aussi qu'une tige de paratonnerre protège efficacement autour d'elle un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur. C'est du reste l'opinion du physicien Charles qui s'est beaucoup occupé de la question.

Cependant, l'instruction de 1823 contient quelques restrictions, notamment en ce qui concerne les édifices comportant des clochers, et admet que lorsque ceux-ci ont 30 mètres de hauteur au-dessus des combles, on ne doit considérer comme protégé qu'un rayon égal à cette hauteur, soit 30 mètres. Dans le supplément à l'*Instruction sur les paratonnerres*, Pouillet dit : « Nous croyons, par exemple, que le rayon du cercle de protection ne peut être aussi grand pour un édifice dont les couvertures ou les combles sont en métal que pour un édifice qui n'aurait, dans ses parties supérieures que du bois, de la tuile ou de l'ardoise. »

Nous croyons devoir avertir nos lecteurs que savants et praticiens se sont de nos jours divisés en deux camps, qui, par certains points font penser aux gros-boutiens et petits-boutiens de l'empire de Lilliput ; il en est qui tiennent pour les grandes tiges et d'autres pour les petites. Selon les uns, et c'était admis jusqu'à ce jour, les grandes tiges sont protectrices, suivant les autres, elles sont au contraire dangereuses. Des deux côtés on donne d'excellentes raisons, on cite des exemples, mais malheureusement la difficulté des expériences (la foudre très capricieuse ne s'y prêtant pas) laisse planer une grande obscurité sur cette importante question.

Pour nous, nous nous garderons bien de prendre un parti pour l'un ou l'autre des deux camps, sachant que tous deux s'appuient sur de sérieuses raisons ; nous sommes tenté de penser, comme M. Arsène Boivin, le constructeur électricien, qui marie franchement les deux systèmes et répond ainsi à toutes les exigences.

Quoi qu'il en soit, nous examinerons brièvement les différentes installations.

Tout système de paratonnerre se compose de trois parties essentielles :

1° La tige ;

2° Le conducteur :

3° La communication avec le sol.

Tige. — La tige est une barre de fer dont la hauteur variable dépend de la surface des bâtiments à protéger. On donne à cette tige une forme conique ou pyramidale et on emploie pour sa construction des fers doux de premier choix de Suède ou de Berri afin d'obtenir une bonne conductibilité.

Le diamètre de la tige, mesuré à la base, est généralement égal à un centième de sa hauteur; cependant on ne dépasse jamais et même on atteint rarement 0m,10, c'est-à-dire une tige de 10 mètres, parce qu'au-dessus de cette dimension il est préférable de multiplier le nombre des tiges afin d'éviter les ébranlements et les détériorations causées par les vibrations dues à l'action du vent et au poids trop considérable de ces barres de fer.

La tige se fixe sur le bâtiment à protéger au moyen d'enfourchements dont les formes varient avec la forme du comble et le système de charpente (fig. 1513).

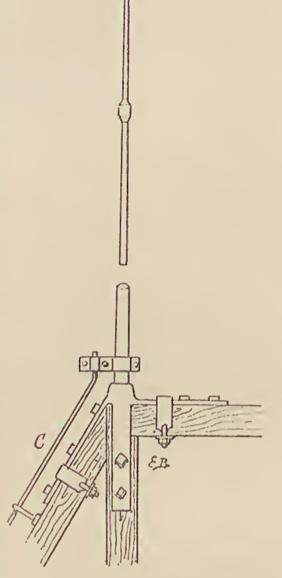


Fig. 1513. Armature de tige.

Un paratonnerre doit être terminé par une pointe en platine, en raison de ce que de tous les métaux il est le moins fusible, le moins oxydable et celui qui convient le mieux à la fabrication des pointes. Plus une pointe est aiguë, plus elle a d'action préventive; l'emploi du cuivre rouge est moins favorable et ne peut assurer aussi longtemps la bonne conservation de l'appareil.

La pointe en platine doit, d'après Gay-Lussac, avoir au moins 0m,05 de longueur et être soudée à l'argent sur une tige en cuivre pur de 0m,50 environ de longueur et montée sur la tige en fer.

Pour éviter les dangers d'oxydation, la tige devra toujours être galvanisée et à la partie inférieure on ménage une embase destinée à empêcher l'eau de pluie de pénétrer dans l'édifice. Parfois aussi, le paratonnerre devant être ornementé par un habillage en zinc, on soude un cône dont la fonction est de rejeter les eaux en dehors.

Prise de courant, conducteur. — Le collier de prise de courant se place un peu au-dessus de l'embase. Ce sont deux pièces métalliques qui serrent en même temps la tige et le conducteur C. Les surfaces en contact doivent être préalablement décapées, puis on interpose entre elles une lame de plomb qui s'écrase sous le serrage, moule toutes les petites inégalités et assure le contact intime des pièces ; on achève le joint à l'aide d'une forte soudure à l'étain.

Le conducteur d'un paratonnerre est la partie métallique qui relie la tige au réservoir commun, c'est-à-dire au sol. Il se compose de diverses manières : en fer de $0^m,02 \times 0^m,02$ pour bien assurer au besoin l'écoulement du fluide électrique ; en fer sous forme de câble, le conducteur nécessite une enveloppe protectrice ; en cuivre rouge on peut donner un diamètre moindre, la conductibilité étant beaucoup plus grande.

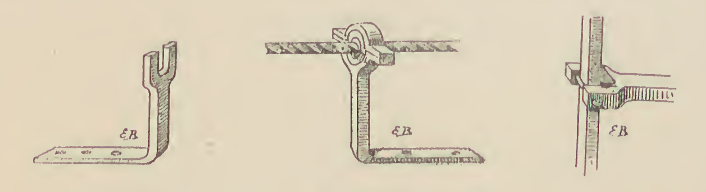


Fig. 1514, 1515, 1516. — Supports de conducteurs.

Afin de maintenir le conducteur dans une position stable, on l'appuie sur des supports en fer forgé à pattes ou à scellement, suivant les points où on veut les placer ; les formes les plus ordinairement employées sont celles que nous indiquons figures 1514, 1515.

Dans les parties verticales, pour éviter une trop forte tension du conducteur par son propre poids, on le fait reposer sur les supports au moyen de petits talons (fig. 1516) qui ont la même fonction que les nez soudés dans les descentes en zinc.

Arrivé au sol, le conducteur doit être goudronné dans toute sa longueur, jusqu'à son assemblage au perd-fluide ; et afin de le maintenir dans l'humidité, on le fait courir dans un auget

rempli de charbon et de là descendre dans le puits où il s'immerge dans l'eau. Son extrémité est munie d'un grappin à branches multiples (fig. 1517) qui doit toujours être noyé ; c'est le *perd-fluide* qui doit toujours être galvanisé pour éviter l'altération.

Si l'on n'a pas de puits à sa disposition pour descendre le conducteur du paratonnerre, on fait dans le sol un trou de 3 à 5 mètres de profondeur, dans lequel on place le perd-fluide ou grappin dont on enveloppe les racines avec du coke,

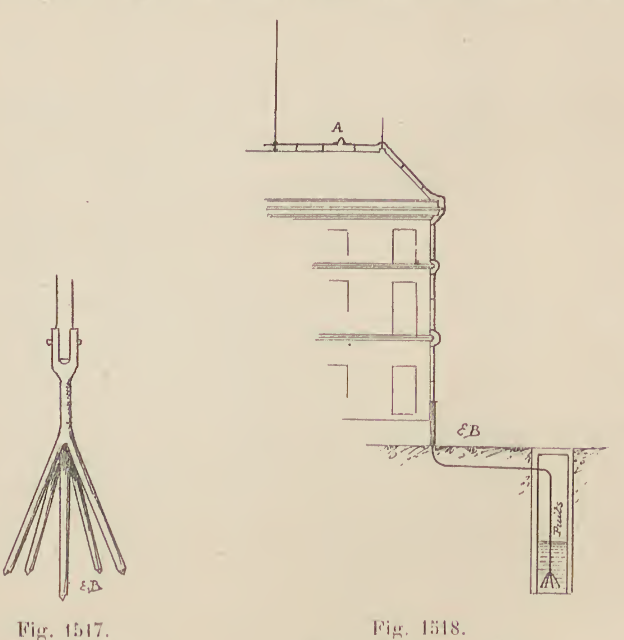


Fig. 1517. Perd-fluide.

Fig. 1518. Circuit de faîte. — Puits.

ainsi que la partie du conducteur qui se trouve dans cette cavité.

Dans les terrains ou sols secs, en outre du trou que nous recommandons ci-dessus de faire, on devra pratiquer des tranchées latérales de 4 à 5 mètres de longueur et se ramifiant avec l'auget ; dans le fond de ces tranchées on placera un lit de coke, sur lequel on disposera une barre de fer de 0,02 et fixée au conducteur qui suit l'auget ; ensuite on recouvrira de coke et on remblaiera avec de la terre végétale. Si on peut faire arriver dans cet endroit les eaux de pluie, on devra le faire. En résumé, il est de règle de choisir l'endroit le plus humide de la propriété pour y perdre ou y prendre le fluide suivant les cas.

Circuit de faîtes. — Quel que soit le nombre des tiges placées sur un édifice, il est toujours indispensable de les rendre solidaires en établissant une communication entre toutes les tiges, au moyen d'un câble en fer ou en cuivre, en tout semblable au conducteur adopté ; c'est ce qu'on appelle le circuit de faîtes (fig. 1518). Pour éviter toute rupture par suite de dilatation, on dispose des compensateurs comme celui que nous indiquons en A.

Afin d'assurer l'écoulement rapide du fluide, il est bon de mettre toujours au moins un conducteur pour deux paratonnerres, et de placer autant que possible lesdits conducteurs sur le côté le plus exposé aux pluies fréquentes.

Dans les constructions où le métal joue un rôle important, il faut mettre toutes les masses métalliques, toitures et charpentes, avec le conducteur au moyen de petits câbles de 7 à 8 millimètres se ramifiant avec le conducteur.

Le *paratonnerre pour tous* de M. Grenet supprime radicalement les grandes pointes qu'il remplace par une certaine quantité de petites tiges en cuivre rouge variant de 0m,15 à 0m,50 de hauteur quand il s'agit de protéger des bâtiments d'une certaine importance. Dans la généralité des cas, quand il s'agit de petites constructions, on se contente de les enserrer dans un réseau de circuits de faîtes et de conducteurs avec seulement quelques tiges aux points plus élevés.

Les conducteurs sont en cuivre rouge étamé de 0m,002 d'épaisseur sur 0m,03 de largeur, ils ne font presque pas saillie, pouvant être appliqués directement sur les murs ou sur la couverture où ils sont fixés au moyen de brides sur lesquelles ils sont soudés. Ils sont tous réunis à la base par un circuit de ceinture et de là le fluide est conduit au puits.

Le perd-fluide est formé par le même ruban roulé en spirale sur une croix en bois dans laquelle on a pratiqué des entailles; il ressemble assez au ruban d'acier dont se servent les arpenteurs, et il se pose à plat dans le puits. Ce système a été employé pour les poudrières.

Citons enfin le système mixte de M. Boivin qui met tout le monde d'accord (?) en employant des grandes et des petites tiges sans autres changements notables.

En résumé, nous croyons que tous les paratonnerres actuellement en usage sont efficaces et que la seule cause des accidents qui se produisent réside dans un mauvais établissement, dans le choix défectueux des matières, et encore et surtout, dans le manque d'entretien et le délabrement où l'on laisse généralement ces appareils.

CHAPITRE XVI

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Sables. — Sables de rivière. — Sables fossiles. — Sables vierges.

Graviers, cailloux. — Criblage. — Forme. — Poids. — Lavage.

Pierres naturelles. — Généralités. — Quelques exemples.

Pierre dure. — Marbres.

Grès granits. — Provenances. — Dureté. — Poids.

Meulière.

Pierre tendre. — Expériences.

Matériaux céramiques. — Brique, ses qualités. — Briques creuses, Briques vernissées. — Carreaux en terre cuite, en faïence, en grès-cérame.

Produits comprimés. — Carreaux en ciment.

Pierres artificielles. — Bétons agglomérés.

Pisé. — Différentes compositions.

Carreaux de plâtre. — Dimensions. — Matières employées. — Moulage.

Béton. — Composition. — Remarques diverses. — Tableau des compositions, suivant les utilisations. — Formules de composition.

Mortiers. — Mortier de terre. — Chaux. — Mortier de chaux grasse. — Mortier de chaux hydraulique. — Composition de 1 mètre de mortier de chaux. — Fabrication des mortiers. — Broyeur.

Ciments. — Ciments naturels. — Pouzzolanes. — Ciment ordinaire. — Ciment à prise rapide. — Mortier de ciment.

Gypse stuc. — Fabrication. — Emploi.

Asphalte, bitume. — Asphalte. — Bitume. — Mastic bitumineux. — Bitume artificiel. — Coaltar. — Brai.

Bois. — Généralités. — Chêne. — Hêtre. — Orme. — Frêne. — Charme. — Châtaignier. — Aune. — Tilleul. — Bouleau. — Peuplier. — Platane. — Sapin, pin, pitchpin, mélèze.

Bois précieux. — Acajou. — Buis. — Campêche. — Cèdre. — Citronnier. — Cyprès. — Ebène. — Erable. — Gaïac. — If. — Noyer. — Thuya.

Conservation des bois. — Causes de détérioration. — Dessiccation naturelle. — Flottage. — Dessiccation artificielle. — Carbonisation. — Injections. — Peintures.

Métaux. — Fer. — Fonte. — Acier. — Trempe. — Classes. — Cuivre. — Plomb. — Etain. — Zinc.

Sables. — Les sables sont formés par la désagrégation

spontanée des roches naturelles, telles que les granits, les grès, les calcaires arénacés, les quartz, les basaltes, dont une partie a été entraînée par les eaux ; le résidu constitue le sable.

Il y a autant de sables qu'il y a d'espèces de pierres, et ils rappellent par leur composition les pierres qui les ont produits.

On distingue dans la construction, les sables de *rivière*, les sables *fossiles* ou de *carrière*, et les sables *vierges*. Le sable de rivière, souvent recommandé, est bon, parce que, bien lavé, il est exempt de matières terreuses et adhère bien à la chaux ou au ciment; mais, par contre, sa forme ronde provenant du roulement auquel il a été soumis facilite les mouvements et lui permet moins d'adhérer aux mortiers.

Les sables fossiles ayant été transportés loin de la roche qui les ont produits par des courants antérieurs à la période géologique actuelle, sont débarrassés des poussières, ont des grains de formes anguleuses et sont très recherchés par les constructeurs.

Les sables *vierges* sont ceux qui se rencontrent dans les massifs de roche actuellement en voie de décomposition. Ces sables sont rudes et anguleux et ne peuvent être employés qu'après être bien lavés.

Pour se rendre compte de la valeur du sable il suffit d'examiner avec soin s'il est bien dégagé de toute poussière ou terre qui formerait obstacle au contact du matériau agglutinant. On reconnaît un bon sable quand, en le frottant dans la main, il rend un petit bruit sec, effet que ne produit pas le sable qui est terreux. Vitruve dit que le sable est de bonne qualité quand, en ayant étalé sur un vêtement blanc, on peut, en secouant ce dernier, le débarrasser du sable sans qu'il reste de traces.

La densité du sable fossile est de : $1^{kg},343$.

La densité du sable de rivière est de : $1^{kg},880$.

Gravier. — Gros sable mélangé de petits cailloux. On obtient le gravier en passant les cailloux une deuxième fois au crible, après en avoir retiré le sable ; le gravier sert après lavage à faire le béton fin. Les sables de rivières donnent aussi des graviers arrondis, sorte de petits galets qu'on utilise aussi pour la confection du béton.

La densité des graviers varie entre $1^{kg},360$ et $1^{kg},500$ et $1^{kg},371$ à $1^{kg},485$.

Cailloux. — Les cailloux sont siliceux ou calcaires, on les trouve mélangés aux sables des plaines et à ceux des

rivières; ils présentent des formes plus ou moins anguleuses, certains même en plaine ont l'aspect arrondi de pierres qui ont été roulées. Les cailloux sont très employés dans la construction, ils entrent comme élément principal dans la confection du béton. On obtient un excellent caillou en concassant des pierres très dures, la meulière dite *caillasse* par exemple qui, peu poreuse, est moins favorable que la meulière ordinaire pour l'adhérence du mortier.

La densité du caillou est de : $1^{kg},658$.

Pierres naturelles. — En architecture, la pierre est le matériau par excellence; c'est à elle que l'on demande les masses solides, les points d'appui isolés et aussi les parois. Ses qualités de résistance aussi bien aux efforts mécaniques qu'aux agents atmosphériques en ont fait une matière très précieuse à l'humanité, et c'est sur des pages de porphyre et de granit que fut écrite l'histoire des premiers âges.

La pierre est un corps dur et solide, extrait de la terre ou détaché du flanc des montagnes. Le mot, pris en général, désigne une substance minérale solide, insoluble dans l'eau, incombustible et non malléable. La composition des pierres est très variée, et pourtant toutes sont formées d'un métal à l'état d'oxyde, combiné avec un acide ou avec un corps qui en tient lieu. Le silicium, le carbone et le soufre sont les trois corps simples qui, par leur combinaison avec différents oxydes, constituent la plupart des substances que l'on comprend sous le nom vulgaire de *pierre*.

On distingue les pierres entre elles par leurs caractères physiques et leurs caractères chimiques.

Les premiers sont la densité, la dureté, la structure, la cassure et la couleur.

La densité s'apprécie comme pour les autres corps en comparant le poids d'un décimètre cube de pierre à celui d'un volume égal d'eau pesé dans les conditions qu'on sait.

La dureté se spécifie par ce fait que la pierre raye l'acier, le fer, le cuivre, l'ongle, ou est rayée par eux.

La structure, qui peut être compacte, granuleuse, lamellaire, cristalline ou granitoïde, saccharoïde, fibreuse, grésiforme, grossière, terreuse, cellulaire, schistoïde.

La cassure, qui est droite, conchoïde, raboteuse ou lisse.

La couleur qui est d'un si grand secours à la polychromie naturelle des édifices.

Les caractères chimiques, qui sont les effets produits sur chaque nature de pierre par l'action du feu qui l'attaque plus

ou moins et en change les qualités ou les propriétés ; l'action des acides, qui est nulle ou dissolvante suivant les espèces.

La dilatation de la pierre évaluée à 0m,00001 pour une différence de 100 degrés est négligeable dans la majeure partie des cas. Certains calcaires élevés à une haute température se transforment en chaux, et on a vu quand de grands incendies se sont produits, de graves accidents causés par la pluie tombant sur des édifices construits avec cette nature de pierre.

Les agents atmosphériques, l'humidité, la sécheresse, la gelée surtout, sont des causes d'altération graves pour certaines pierres. — L'action de la gelée fait que les pierres qui ont le défaut d'être gélives s'égrènent, se fendent et se délitent en feuillets ou se cassent en fragments irréguliers. On s'assure de la gélivité de la manière suivante : on plonge dans un bain contenant un sel cristallin quelconque un morceau de la pierre qu'on veut expérimenter ; on le retire et on laisse sécher ; le sel cristallise et s'il ne se détache aucun fragment de l'échantillon éprouvé, c'est que la pierre n'est pas gélive.

On distingue les pierres en deux classes principales : les pierres dures et les pierres tendres, suivant que leur taille se fait avec plus ou moins de facilité ; mais d'autres qualités ou défauts les ont fait désigner par les différents noms suivants :

Pierre fière, qui est compacte, dure, difficile à travailler et qui éclate sous le ciseau. — *Pierre vive*, qui durcit en carrière et à l'air. — *Pierre pleine*, qui est d'un grain uniforme, sans coquillages ni aucun défaut. — *Pierre poreuse*, qui est entièrement occupée par des trous. — *Pierre ferrée*, où l'on remarque des veines beaucoup plus dures que dans les autres parties. — *Pierre coquillière*, qui est remplie de coquillages. — *Pierre feuilletée*, qui se sépare en feuilles ou en écailles, etc.

L'innombrable quantité d'espèces différentes de pierres ne nous permet pas même d'en citer les noms. Elles présentent à peu près toutes les couleurs désirables depuis le plus beau blanc jusqu'au noir et cette grande variété de tons donne une splendide décoration polychrome. Les granits bleus, gris, roses, rouges, gris noir, etc. ; les belles pierres blanches, les pierres veinées, tachetées de jaune et de rose ; les grès variant du blanc au rouge ; enfin les pierres volcaniques d'un noir mat si communes dans les provinces du centre.

Dans le choix de la pierre, l'architecte doit se préoccuper ; de la quantité au point de vue de la durée, de la puissance résistante, de la difficulté de la mise en œuvre. Il doit donc choisir sa pierre non gélive et la placer sur son lit de carrière ; il doit employer la pierre dure dans les soubassements qui doivent

supporter toute la charge et graduer ensuite pour arriver à la pierre tendre. Cette marche est d'autant plus rationnelle qu'au point de vue artistique la gradation ornementale se fait dans le même sens, les parties inférieures sont très simples et la richesse du décor croît au fur et à mesure qu'on s'élève davantage. La sculpture en se compliquant devient en même temps d'une taille plus facile.

La série de la Société centrale des Architectes (comme du reste aussi la série de la Ville de Paris) classe les pierres par numéros de taille ; nous prendrons cette même disposition dans les quelques pierres que nous allons citer et nous y ajouterons les poids et résistance à l'écrasement.

La classification par numéros de taille ne correspond pas toujours à la résistance de la pierre ; le numéro de taille marque seulement le degré de difficulté que présente le matériau au travail du tailleur de pierre. Cependant, d'une manière générale, il y a concordance entre la résistance à l'écrasement et la dureté opposée au travail.

Echelle de dureté. — 1, talc ; 2, gypse ; 3, chaux carbonatée ; 4, chaux fluatée ; 5, chaux phosphatée ; 6, feldspath ; 7, quartz ; 8, topaze ; 9, corindon ; 10, diamant.

On expérimente les pierres à l'aide de la presse hydraulique, par cubes parfaitement d'équerre et de $0^{m},10 \times 0^{m},10$ de côté.

Pierre dure. — Les *marbres* sont des variétés de calcaire à grains fins susceptibles de poli. Leur blancheur ou leurs couleurs plus ou moins vives et variées en font une précieuse ressource de la décoration.

Voici la liste des principaux marbres employés en France :

Nos des classes comme dureté.	NATURE	PROVENANCE
1	Blanc clair.	Italie.
1	Bleu turquin.	—
1	Bleu fleuri.	—
3	Portor.	—
3	Jaune de Sienne ordinaire	—
4	Vert de mer ou vert de Gênes	—
3	Vert d'Égypte	—
4	Brèche violette.	—
3	Levanto	—
2	Brocatelle jaune	Espagne.
2	Brocatelle violette	—

NOMS	PROVENANCE	NATURE DE LA PIERRE position géologique de la carrière	POIDS du décimètre cube	RÉSISTANCE par centimètre carré minima	maxima	OBSERVATIONS
			Kilog.	Kilog.	Kilog.	
		Pierres, n° 1 de taille				
Château-Landon.	Seine-et-Marne.	Calcaire lacustre, grisâtre, à grain très fin et serré avec trous et tubulures. (Terrain tertiaire miocène.)	2,503 à 2,531	626 648	1 317 766	Roche. —
Hydrequent.	Pas-de-Calais.	Calcaire compact, à pâte fine, gris cendré nuancé de rouge au Haut-Banc, jaunâtre ou rosé à la Vallée-Heureuse. (Terrain carbonifère.)	2,709	935	1 687	—
		Pierres, n° 2 de taille				
Hauteville.	Ain.	Calcaire compact, très fin, jaune pâle. (Terrain jurassique oolithe moyenne.)	2,762	1 131	1 176	Roche.
Souppes.	Seine-et-Marne.	Calcaire lacustre, grisâtre, à grain fin et serré, avec trous et tubulures. (Terrain tertiaire miocène.)	2,584	675	907	—
Villebois.	Ain.	Calcaire gris de fer, à pâte fine. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,685	648	1 311	—
Comblanchien.	Côte-d'Or.	Calcaire compact, gris blanchâtre, à pâte fine. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,691	888	1 200	—
Grimault.	Yonne.	Calcaire oolithique, blanc jaunâtre, semé de grosses oolithes grises dans le banc de roche; blanc, légèrement grisâtre, à grain très fin et points cristallins dans le liais. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,577 2,512 2,324	662 991 857	1 520 1 499 1 009	Banc de roche. Liais dur. Liais tendre.
		Pierres, n° 3 de taille				
Chassignelles (canton d'Ancy-le-Franc).	Yonne.	Calcaire compact, grain fin, blanc clair. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,565 2,592 2,534	1 048 928 714	1 591 1 335 1 152	Liais dur. Pierre marbrée. Pierre des Abros.
Echaillon.	Isère.	Calcaire blanc ou rose, semi-cristallin, à grain très fin et très serré. (Terrain jurassique, oolithe moyenne.)	2,435 2,552	410 498	707 873	Rose. Blanc.
Clamart.	Seine.	Calcaire blanchâtre, à grain fin, parfois gris blanchâtre et coquillier. (Terrain tertiaire éocène.)	2,455 2,301	449 201	658 679	Cliquart. Roche.
Vilhonnour.	Charente.	Calcaire oolithique miliaire, semé de lamelles cristallines, jaune clair, à grain moyen et serré. (Terrain jurassique, oolithe moyenne.)	2,358	408	650	
		Pierres, n° 4 de taille				
Anstrudes.	Yonne.	Calcaire oolithique, gris rougeâtre, semé de grains spathiques. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,264	469	752	Roche.
Coulmiers.	Loiret.	Calcaire lacustre, gris jaunâtre ou bleuâtre celluleux et [illegible] miocène.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

Bagneux.	Seine.	Calcaire blanchâtre, à grain fin et serré, ou coquillier à grain moyen. (Terrain tertiaire éocène.)	2,210	131	547	Roche.
Euville.	Meuse.	Calcaire à entroques, blanchâtre, à grain moyen, formé presque entièrement de débris d'encrines. (Terrain jurassique, oolithe moyenne.)	2,319	194	205	—
Saint-Maximin.	Oise.	Calcaire blanc ou jaunâtre, à grain fin, moyen ou grossier. (Terrain tertiaire éocène.)	2,257	278	521	—
Châtillon.	Seine.	Calcaire blanchâtre, un peu coquillier et serré. (Terrain tertiaire éocène).	2,309	255	517	—
		PIERRES, N° 6 DE TAILLE				
Chauvigny.	Vienne.	Calcaire oolithique, blanc ou blanchâtre, à grain assez fin. Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,288	286	699	Roche.
Courville.	Marne.	Calcaire blanc, à grain fin, un peu coquillier. (Terrain tertiaire éocène.)	2,133	318	387	—
Lérouville.	Meuse.	Calcaire à entroques, à grain moyen. Analogue à la pierre d'Euville. (Même terrain géologique.)	2,352	169	512	—
Ravières.	Yonne.	Calcaire oolithique, blanchâtre, veiné ou non veiné, à oolithes irrégulières à grain fin ou moyen, quelquefois un peu jaunâtre. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,197	287	453	—
		PIERRES, N° 7 DE TAILLE				
Château-Gaillard.	Vienne.	Calcaire blanc, un peu crayeux, à grain très fin, semé de points cristallins dans le banc royal, et coquillier dans le banc inférieur. (Terrain jurassique, oolithe moyenne.)	2,005	107	463	Banc franc.
Tercé.	Vienne.	Calcaire oolithique, blanchâtre, à grain fin ou très fin, homogène, semé de points cristallins. (Terrain jurassique, oolithe inférieure.)	2,068	150	348	—
Courson.	Yonne.	Calcaire oolithique, un peu crayeux, blanc, à grain fin ou très fin. (Terrain jurassique, oolithe moyenne.)	1,888	80	159	Banc royal.
Méry.	Seine-et-Oise.	Calcaire blanc, légèrement jaunâtre ou grisâtre, à grain fin, assez homogène. (Terrain tertiaire éocène.)	1,846	75	182	—
		PIERRES, N° 8 DE TAILLE				
Méry.	Seine-et-Oise.	(Même nature que la précédente.)	1,693	58	100	Banc royal.
Saint-Leu.	Oise.	Calcaire blanc ou jaunâtre, à grain très fin. (Terrain tertiaire éocène.)	2,276	684	795	Roche.
Saint-Vaast.	Oise.	(Même nature que la précédente.)	1,746	95	215	Banc royal.
Saint-Maximin.	Oise.	(Déjà désigné.)	1,722	82	118	—
		PIERRES, N° 9 DE TAILLE				
Carrières St-Denis.	Seine-et-Oise.	Calcaire un peu coquillier, blanc grisâtre ou jaunâtre, à grain fin et régulier. (Terrain tertiaire éocène.)	1,465	39	43	Pierre tendre.
Laigneville.	Oise.	Calcaire blanc jaunâtre, à grain assez gros. (Terrain tertiaire éocène.)	1,632	56	85	Pierre tendre.
Saint-Maximin.	Oise.	(Déjà désigné.)	1,740	82	93	Vergelé.

NOTA. — Les chiffres donnant les résistances sont empruntés au « Répertoire des carrières de pierre de taille » dressé par le Ministère des Travaux publics.

Nos des classes comme dureté.	NATURE	PROVENANCE
2	Blanc statuaire de Saint-Béat 1er choix .	Pyrénées.
2	— — 2e choix .	—
1	Blanc ordinaire de Saint-Béat	—
3	Sarancolin Ilhet	—
3	Beyrède Jumet	—
3	Campan mélangé et Campan vert. . . .	—
1	Bleu Aspin	—
4	Grand Antique	—
3	Rosé clair	—
3	Rosé clair	—
3	Brèche grise, dite Troubat.	—
3	Griotte des Pyrénées	—
3	Vert Moulin	—
3	Griotte œil-de-perdrix.	Hérault.
3	Languedoc (incarnat)	Aude.
3	Rosé vif	—
3	Rouge antique	—
3	Brèche Sainte-Victoire.	Bouches-du-Rhône.
3	— Galifet	—
3	— de Saint-Antonin (dite d'Alep). .	—
2	Jaune de Sainte-Baume	Var.
2	Brèche jaune de Trets.	—
2	Vert de Maurin.	Hautes-Alpes.
2	Brocatelle jaune	Jura.
2	Brocatelle violette	—
2	Jaune fleuri	—
2	Sarancolin de l'Ouest	Sarthe.
2	Rose Eujugerai.	—
2	Napoléon gris et rose	Pas-de-Calais.
2	Henriette.	—
2	Lunel	—
2	Joinville	—
3	Grand antique du Nord	Nord.
2	Saint-Anne français, Consolré	—
2	Sainte-Anne Hergies.	—
2	Noir français	—
2	Noir boule de Neige et amandes	—
2	Sainte-Anne belge.	Belgique.
2	Rouge de Flandre.	—
4	Noir fin de Dinant, près Namur	—
3	Noir demi-fin de Basècles	—
2	Granit Feluil	—
2	Onyx blanc.	Algérie.
2	Onyx cachemire	—

Les beaux choix faits dans les carrières, surtout pour les

blancs et noirs, sont dénommés marbres antiques. Jadis on se servait de cette appellation pour désigner les marbres provenant des monuments.

Les *marbres simples incolores*, blancs, noirs, etc., les marbres blancs de Carrare, de Paros, du mont Hymette, le marbre pantélique ; les marbres noirs de Dinant, de Namur, de Huy, en Belgique ; des Hautes-Alpes, de l'Hérault, de l'Isère, du Doubs, etc. ; comme marbres rouges, la *griotte d'Italie* (que l'on tire des environs de Narbonne), et les marbres jaunes, le *jaune antique*, le *jaune de Sienne*, etc.

Les *marbres simples veinés*, qui offrent une très grande variété ; on y remarque particulièrement le *portor*, à fond noir et veines jaunes ; le *grand antique* à fond noir et veines blanches ; le *Sainte-Anne*, à fond noirâtre, veiné de gris ou de blanc ; le *bleu-turquin*, à fond bleuâtre et à veines plus foncées.

Les *marbres composés*, renfermant des matières étrangères. Ces marbres proviennent de lieux où des dépôts de sédiments sont enclavés dans des terrains primitifs. Les matières contenues dans ces terrains se sont assimilés aux substances calcaires par feuillets, par paquets, ou encore semées un peu partout. On distingue principalement les *marbres cypolins* de la côte de Gênes, dans lesquels on trouve du mica presque vert semé dans une pâte blanchâtre ; les *marbres campans*, composés de feuillets ondulés et matières de diverses couleurs. Le *vert* et le *rouge de Moulins*, le *campan Isabelle*, en sont des variétés ; les *marbres vert antique*, blancs ou verdâtres, mélangés de calcaire saccharoïde et de serpentine verte.

Les *marbres lumachelles*, qui renferment des coquilles et des madrépores agglutinés ensemble par un ciment calcaire. Il y en a de gris-bleu à coquilles blanches et spathiques ; d'autres également bleus avec coquilles noirâtres et spathiques.

Les *marbres brèches* sont composés de débris de marbres plus anciens agglutinés ensemble par un ciment siliceux. Les plus renommées de ces brèches calcaires sont ; le *grand deuil* et le *petit deuil*, qui offrent des éclats blancs sur fond noir et ne sont qu'une variété du marbre *grand antique ;* la brèche de Tolonet à grands fragments jaunes et violets réunis par des veines noires ; la *brèche de Vaulsort* (Belgique), dont la pâte est blanc rosâtre et dont les fragments sont gris, noirs, blonds, jaunâtres ou rouges ; la *brèche violette*, à fond violet avec de grands éclats blancs (carrières épuisées, près de Gênes) ; la *brèche de Vérone*, à fragments d'un rouge pâle, mêlé de jaune, de noir et de bleu céleste.

Les *marbres brocatelles*. De même origine que les marbres brèches, ils s'en distinguent surtout par la dimension beaucoup plus petite des fragments qui les composent. Parmi les variétés les plus employées, nous citerons : 1° la *marque de Boulogne*, qui comprend le *Lunel blanc*, le *Lunel fleuri*, le *Napoléon rose*, le *Napoléon fleuri*, le *Napoléon gris*, le *Notre-Dame*, le *Joinville*, la *Caroline rubanée*, la *Caroline*, l'*Henriette blonde*, l'*Henriette brune*, le *Stinkal doré*, le *Stinkal ;* 2° la *brocatelle de Moulins*, bleue, brune et grise, avec des taches jaune doré ; 3° la *brocatelle de Sienne* ou jaune de Sienne traversée par des veines très nombreuses et violettes ; 4° la *brocatelle d'Espagne*, dont les tons sont très variés.

Les *onyx* sont une variété d'agate dans la masse de laquelle se trouvent réunies la calcédoine, la sardoine et la cornaline, qui s'y présentent par couches successives et par bandes parallèles capricieusement contournées ; les couleurs sont souvent blanc laiteux pour le fond et les veines nettes ou fondues, allant du jaune clair au violet et au brun foncé en passant par des tons de rouille très chauds.

L'*albâtre* est une sorte de marbre tendre, demi-transparent et parfois remarquable par sa blancheur. Il y en a deux espèces fort différentes. L'une est une variété de chaux carbonatée, et l'autre une variété de chaux sulfatée, ou *gypse*. L'albâtre est un calcaire ; on distingue surtout l'albâtre dit *oriental*, qui est un marbre fibreux, à demi transparent dans certaines parties, opaque dans d'autres, à veines ondulées et concentriques, à cassure cristalline ; il en est de teintes diverses du blanc au fauve. L'albâtre gypseux, plus blanc et plus facile à travailler que l'albâtre calcaire, le plus beau provient de Volterra (Italie). L'albâtre se taille au couteau aussi facilement qu'un plâtre frais.

Les *grès* sont formés de grains de sable réunis par un ciment siliceux, argileux ou calcaire. Les *grès siliceux* sont très durs et difficiles à travailler ; les *grès calcaires* sont plus ou moins durs, suivant la proportion de ciment calcaire qu'ils contiennent. (Ils se dissolvent en partie s'ils sont plongés dans un acide.) Les *grès argileux*, connus sous le nom de *mollasse :* la couleur est grise, ils se taillent bien au moment de l'extraction, mais, exposés à l'air, ils acquièrent une grande dureté. Les grès sont très répandus et aussi très variables de qualité ; en général, ils sont mauvais matériaux de construction et il faut surtout éviter de les employer comme soubassements ; leur nature poreuse est trop disposée à conduire l'humidité. On n'emploie les grès que quand on n'a pas d'autres matériaux à sa

disposition. Les grès les plus employés sont ceux de Fontainebleau ; les *grès rouges*, qu'on trouve dans les Vosges, en Belgique, en Allemagne, en Angleterre, etc. ; le *grès bigarré* des bords de la Moselle ; les *grès verts* ou mollasses ; le grès tendre, etc.

D'après des expériences de M. Vicat, un *grès* dit de Florence s'est écrasé sous une charge de 420 kilogrammes par centimètre carré, et un grès tendre n'a pu supporter que 4 kilogrammes.

La pesanteur spécifique est d'environ 2kg,500.

Les *granits* sont composés de *quartz*, de *feldspath* et de *mica* fortement réunis par un ciment naturel. Cette pierre doit sa dureté à la présence du quartz ou silice pure, et cette dureté est d'autant plus grande que cette matière s'y trouve en plus grande abondance et en grains plus fins. Il y a des granits : blancs, roses, gris, bleus, noirs, etc.

La pesanteur spécifique varie de 2kg,350 à 2kg,950.

La résistance est très variable, nous trouvons des résultats d'expériences qui donnent par centimètre carré de section ; 641, 814, 876, 967, 998, 1 038 kilogrammes, etc., jusqu'à 2 682 kilogrammes et plus.

La *pierre meulière* est un excellent élément de maçonnerie ; c'est un composé de concrétions quartzeuses et grossières dont le tissu est criblé de trous et auquel le mortier s'attache beaucoup mieux qu'au moellon. Cette pierre est d'un rouge jaunâtre. La meulière grisâtre de grain plus fin, et aussi dure que le silex sert à faire des meules de moulins.

Pierre tendre. — Les pierres tendres conviennent aux parties supérieures des édifices ; la charge d'écrasement devenant moindre au fur et à mesure que les assises occupent une place plus élevée. Les pierres destinées à élever des murs solides et durables, dit M. Ramée, doivent répondre au but que l'on se propose, et avoir toutes la même dureté et une force suffisante de résistance. Pour reconnaître ces qualités, il faut s'assurer si le son que rend la pierre lorsqu'on la frappe est clair ou sourd, et si, lorsqu'elle se fend, les éclats en sont aigus ou ronds ; les éclats arrondis prouvent la tendreté de la pierre ; généralement aussi on ne trouve un grain fin, une masse compacte, que dans les pierres dures. Quant à la couleur des matériaux, elle a moins d'influence sur leur qualité, bonne ou mauvaise, car les pierres foncées peuvent être aussi dures que les pierres de teintes claires, et réciproquement ; seulement, il faut avoir soin de n'employer que de la pierre d'égale nuance dans une construction [1].

[1] A moins toutefois que le parti du projet ne comporte des pierres de tons différents.

La bonne pierre de construction doit résister aux intempéries de l'air ainsi qu'à l'épreuve des sels. Il faut ne pas employer la pierre où l'on remarque des agglomérations d'oxyde de fer et de manganèse ; elle ne résisterait pas à l'air. Les pierres schisteuses, ou soumises au clivage, se détériorent, en tombant par lames ou feuilles, quand l'humidité peut y pénétrer, et quant aux pierres qui pompent l'eau, elles sont généralement sujettes à être décomposées par la gelée. La pierre est à l'épreuve de la gelée, quand elle a résisté un ou deux hivers, en plein air, aux effets de l'humidité et du froid.

La bonne pierre de construction doit en outre être exempte de crevasses intérieures, de fentes, et offrir une surface un peu rude, afin que le mortier puisse former une bonne liaison, ce qui n'a pas lieu quand la pierre a une surface trop lisse. Il ne faut pas non plus une trop grande différence de volume dans les pierres employées : il faut qu'elles aient des dimensions proportionnées aux travaux dans lesquels on les emploie. Toutefois de grosses pierres donnent une plus grande solidité aux murs que les petites. Quant à la pierre destinée aux foyers, aux tuyaux de cheminées, etc., pour se convaincre de sa bonne qualité il n'y a qu'à la soumettre à une forte chaleur. Si elle ne fond ou ne se fend pas, si elle ne se détache pas en lames, elle résistera au feu des foyers et à la chaleur des conduites de fumée.

Matériaux céramiques. — Toutes les contrées ne se trouvent pas aussi bien partagées au point de vue des pierres propres à la construction. Dans certaines, la pierre manque totalement ou est de mauvaise qualité ; on est alors forcé de recourir à des matériaux artificiels parmi lesquels, par rang d'ancienneté et d'importance, vient en premier lieu la brique formée d'argile ou de terre glaise.

La *brique* remonte à la plus haute antiquité ; on en fait de deux sortes : 1° la *brique crue* ou seulement durcie à la chaleur du soleil, et 2° la *brique cuite*, durcie par l'action du feu. La première convient seulement dans les pays méridionaux, où même, du reste, elle ne peut constituer des constructions durables. Dans le nord, elle serait immédiatement détruite par les pluies et les gelées.

La qualité de la brique varie avec la terre qui sert à la confectionner ; l'argile commune choisie pour la composition des briques ne doit être ni trop grasse, ni trop maigre ; quand la terre est trop grasse, les produits se gauchissent, se déforment et se fendillent à la cuisson ; dans le second cas, les briques

obtenues se vitrifieraient ou fonderaient au feu et n'offriraient pas une résistance suffisante.

Si l'argile est trop grasse, on y ajoute du sable fin ou des matières calcaires en poudre ; si elle est trop maigre, on y ajoute une certaine quantité de marne ou de chaux, plus rarement, de l'argile plastique.

Dans le choix de l'argile, on doit rejeter rigoureusement celle qui contient des pierres calcaires ou des morceaux de calcaire, parce qu'au feu, le calcaire forme de la chaux et qu'à la première pluie la chaux en s'éteignant foisonne et fait éclater la brique. On doit de même éviter dans l'argile la présence de morceaux de silex et les pyrites de fer.

Les qualités qu'on réclame de la brique sont : 1° l'*homogénéité*, c'est-à-dire l'absence de fissures et de défauts, une texture égale, un grain fin et une cassure brillantes ; 2° la *dureté*, c'est-à-dire la résistance à la flexion et à la compression ; 3° la *régularité de formes*, qui implique des surfaces unies, lisses, à vives arêtes, à angles droits, de manière à ce que les lits de mortiers soient d'une épaisseur régulière.

La *facilité de taille* de la brique, quoique n'étant pas indispensable dans la majorité des cas, est cependant utile pour préparer les angles, faire la forme des moulures, etc. ; elle doit en un mot, tout en étant bien résistante, être aussi suffisamment *traitable*.

Au point de vue de la fabrication, on doit faire l'extraction de la terre en automne et la laisser exposée à l'air en la remuant de temps à autre pendant tout l'hiver ; ensuite on détrempe et on pétrit la terre dans une fosse en maçonnerie, où on la triture tout en enlevant avec soin les pierres et les matières étrangères. On ajoute alors à l'argile corroyée la quantité de sable ou de calcaire pour lui donner la qualité voulue.

La brique se moule à la main. Mais dans les centres importants, elle est faite mécaniquement.

Après le moulage, la brique doit être soumise à une dessiccation lente, puis cuite en plein air ou au four, suivant le mode de fabrication.

Les *briques réfractaires* doivent résister à l'action des feux les plus violents, elles se composent d'argile pure exempte de chaux et de fer ; on peut en faire en ajoutant à certaines argiles dégraissées un ou deux volumes de ciment de terre réfractaire broyée finement.

Les dimensions des briques sont très variables, la brique ordinaire, en France, a $0^{m},055 \times 0^{m},110 \times 0^{m},220$ (fig. 1519).

Les *briques creuses* sont obtenues mécaniquement ; de formes

variables, elles ont plus ou moins de trous et sont de dimensions différentes, elles économisent la matière, sèchent et cuisent plus vite ; enfin, elles ont cet avantage de charger beaucoup moins (fig. 1520, 1521).

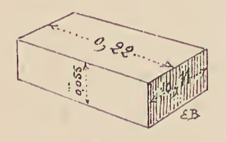
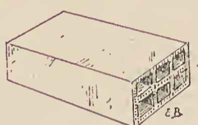


Fig. 1519.
Brique pleine.



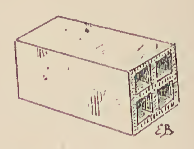


Fig. 1520, 1521.
Briques creuses.

Les *briques vernissées* sont en général des briques de choix sur une face desquelles on a posé un émail blanc ou de couleur. Bien employée, cette brique est d'un très bon effet décoratif.

Carreaux en terre cuite. — Ce sont de petites dalles carrées, rectangulaires ou hexagonales, dont l'épaisseur varie suivant les provenances de $0^m,018$ à $0^m,027$. Les carreaux carrés s'emploient surtout dans les âtres de cheminées, les cuisines, etc. Ceux de formes rectangulaires s'emploient fort peu, on en fait surtout des bordures. Les carreaux hexagones ou à six pans. (Voir au chapitre *Carrelage*.)

Voici quelques dimenstons et provenances de carreaux employés en France :

A pans de 0,22 (0,027 d'épaisseur) de Beauvais.
— — (0,030 —) de Bourgogne.
— — (0,027 —) de Massy marqués.
— — (o,027 —) de Fresnes-les-Rungis (Seine).
— de 0,22 (0,027 d'épaisseur) de Sannois ou Montigny (Seine-et-Oise).
— de 0,22 (0,27 d'épaisseur) de Paris ferrugineux marqués B.
— de 0,22 (0,027 d'épaisseur) de Paris premières qualités.
— de 0,152 à 0,16 (et 0,025 d'épaisseur) de Bourgogne.
— de 0,16 à 0,17 (et 0,018 d'épaisseur) de Massy marqués.
— de 0,16 à 0,17 (et 0,020 d'épaisseur) de Fresnes-lès-Rungis (Seine).
— de 0,16 à 0,17 et (0,018 d'épaisseur) de Sannois ou Montigny (Seine-et-Oise).
— de 0,16 à 0,17 (et 0,18 d'épaisseur) de Paris ferrugineux marqués.
— de 0,16 à 0,17 (et 0,018 d'épaisseur) de Paris premières qualités rouges.
— de 0,16 à 0,17 (et 0,027 d'épaisseur) de Massy marqués.

A pans de 0,16 à 0,17 (et 0,027 d'épaisseur) de Fresnes-lès-Rungis (Seine).
— de 0,16 à 0,17 et (0,027 d'épaisseur) de Paris ferrugineux marqués.
— de 0,152 à 0,16 de Beauvais (0,021 d'épaisseur).
— — Beauvais (0,018 d'épaisseur).
Carrés de 0,20 (0,027 d'épaisseur) de Beauvais.
— de 0,20 (0,027 d'épaisseur) de Fresnes-lès-Rungis (Seine).
— de 0,22 (0,027 d'épaisseur) de Sannois (Seine-et-Oise).
— de 0,16 à bandes (0,018 d'épaisseur) de Massy marqués.
— de 0,16 à bandes (0,020 d'épaisseur) de Fresnes-les-Rungis.
— de 0,16 à bandes (0,018 d'épaisseur) de Sannois ou Montigny.
— de 0,16 à bandes (de 0,018 d'épaisseur) de Paris.
— de 0,15 à 0,16 de Beauvais première qualité (de 0,021 d'épaisseur).
— de 0,15 à 0,16 de Beauvais première qualité (de 0,018 d'épaisseur).

Les carreaux de bonne qualité doivent rendre un son clair quand on les frappe avec un corps dur.

La qualité des carreaux vient certainement de la fabrication plus ou moins habile, mais surtout de la matière première, la terre qui sert à les confectionner. Les meilleurs carreaux, comme aussi les meilleures briques, sont produits par les terres de Bourgogne.

Carreaux de faïence. — On fait aussi des carreaux de terre cuite dont la surface est émaillée. Ils servent pour les poêles, les cheminées, pour les revêtements des cuisines, les salles de bains, etc., partout où il est nécessaire de pouvoir promptement nettoyer. Ces carreaux se font de toutes dimensions, le commerce offre un choix considérable, et de plus, on fait sur commande tous les tons et tous les dessins. En carreaux carrés, les dimensions les plus courantes sont : $0^m,100$, $0^m,150$ et $0^m,200$ de côté.

Carreaux de grès-cérame. — Ce carrelage, d'une dureté exceptionnelle, convient aux endroits qui fatiguent beaucoup. Ces carreaux sont cuits, se conservent bien et offrent un grand choix de dessins et de couleurs.

En poterie on fait encore : des tuyaux ronds de différents diamètres, des wagons unis et solidaires ; nous décrivons ces produits de la céramique en étudiant les tuyaux de fumée.

PRODUITS COMPRIMÉS

Les pressions considérables comme en produit la mécanique moderne ont permis de faire des agglomérés très résistants qui souvent valent les matériaux naturels.

Les *carreaux en ciment* improprement dénommés mosaïque sont obtenus par compression. Dans un moule en acier on place un grillage dont les compartiments figurent le dessin, puis on coule la pâte de ciment colorée de différentes couleurs sur une épaisseur de 5 à 6 millimètres et on retire le grillage ; alors on remplit le moule de ciment et sable fin, puis on presse, soit au balancier, au bras de levier, à la vis ou par tout autre moyen mécanique de manière à donner une pression considérable environ 100 kilogrammes par centimètre carré, et on démoule. Toute la partie humide de la pâte a pénétré dans la masse ; on trempe alors le carreau dans l'eau pendant un certain temps, puis on laisse sécher.

Les marbres et mosaïques artificiels peuvent s'obtenir par le même procédé; la pâte colorante est remplacée par des fragments de pierre ou de marbre semés au hasard, ou distribués suivant un grillage pour obtenir un dessin ; on coule une pâte qui joint les fragments, on ajoute du ciment, on presse et on immerge comme dans le cas précédent.

PIERRES ARTIFICIELLES

Il faut admettre que certaines contrées sont aussi peu favorisées sous le rapport des matériaux indispensables à la fabrication de la brique que sous celui de la pierre naturelle. On est donc très heureux alors de pouvoir remplacer la pierre par une imitation de qualité suffisante et d'assez bon aspect pour donner l'illusion parfaite.

Les bétons agglomérés qui composent la pierre artificielle sont un mélange de sable, de chaux hydraulique et de ciment de Portland. C'est M. François Coignet qui, vers 1850, fit les premières pierres factices. Les constructions élevées en béton Coignet étaient surtout monolithes, moulées pour ainsi dire au fur et à mesure de l'avancement ; le béton était moulé par couche et pilonné à bras d'homme.

Les pierres artificielles sont comprimées au pilon ou à la presse hydraulique.

« La préparation de la pâte réalise les conditions que devrait remplir un mortier pour être parfait. La quantité d'eau ajoutée est minime. Or il est reconnu qu'une chaux ou un ciment noyé dans le mortier ou béton ordinaire, se trouve dans de mauvaises conditions et ne donne pas tout ce qu'il pourrait donner. Ce mélange, légèrement humide, est énergiquement trituré, malaxé dans des appareils spéciaux, ce qui peut avoir lieu parce que le mélange n'est pas fluide. Sous cette action énergique, chaque grain de sable s'enveloppe d'une pellicule de matière agglomérante et réalise ainsi l'idéal d'une maçonnerie faite avec des morceaux de pierre réunis par une matière agglutinante... [1]. »

On voit que le béton aggloméré réclame seulement : la quantité d'eau strictement nécessaire; une trituration énergique assurant un mélange parfait ; enfin le rapprochement de toutes les molécules, obtenu par des chocs répétés ou par une compression puissante. La qualité de la pierre artificielle varie avec celle des matériaux employés et avec la perfection de la main-d'œuvre. Le dosage est très important. « Les chaux ordinaires n'ont pas toujours, par elles-mêmes, une prise suffisamment rapide. Aussi on ajoute souvent une certaine quantité de ciment de Portland qui active cette prise. Mais cette addition est surtout inutile quand on peut utiliser des chaux éminemment hydrauliques comme celle du Teil (Ardèche), de Paviers (Indre-et-Loire), de Virien-le-Grand (Ain)..., etc. Le dosage varie également un peu suivant la qualité du sable.

Voici quel est celui adopté pour les travaux publics, égouts, murs de soutènement, réservoirs, etc. ;

Sable de rivière ou de plaine.	1 mètre cube
Chaux du bassin de Paris	125 kilog.
Ciment de Portland.	50 —

ou bien :

Sable de rivière ou de plaine.	1 mètre cube
Chaux éminemment hydraulique (Teil, Paviers, etc.).	175 kilog. [2].

Les matières sont réunies, mouillées, retournées, puis passent dans un malaxeur qui opère le mélange.

On obtient par le moulage, des matériaux d'un appareil quelconque et même les parties sculptées.

[1] Oslet. *Cours de construction.*
[2] *Ibid.*

Pisé. — Le pisé est peut-être la plus ancienne maçonnerie connue. C'est une masse monolithe formée de terre franche moulée entre deux parois en bois, mobiles et formant moule. L'argile et le sable seuls ne peuvent convenir à la confection du pisé si on n'y ajoute au moins un tiers de terre franche qu'on reconnaît facilement à ce qu'elle garde la forme que lui donne la compression de la main.

Pour faire du pisé, on écrase la terre et on la passe au crible pour extraire les pierres et on la mouille légèrement en remuant avec une pelle pour l'humecter partout également.

Le moule est formé de deux panneaux mobiles de $2^{m},00 \times 0^{m},80$ environ, réunis par des entretoises égales à l'épaisseur du mur qu'on veut faire et serrées par des boulons. Ceci une fois en place, on jette une certaine quantité de terre, on pilonne fortement et laissant provisoirement les boulons, on retire les entretoises, on fait une seconde couche que l'on pilonne et ainsi de suite.

Les joints des couches doivent être inclinés à environ 45° et ne pas se trouver superposés. Pour l'angle, les assises ou couches se font également en liaison.

On comprend que ce genre de construction est très susceptible de prendre l'humidité ; aussi, d'ordinaire, on l'élève sur un soubassement en pierre ou en briques. Il convient aussi de faire en maçonnerie consistante les encadrements de baies.

Le pisé étant bien sec, on le recouvre d'un enduit, plâtre ou mortier.

Les pisés argileux sont composés de différentes manières :

1° De 4 parties d'argile, 1 partie de sable, 1 partie de gravier ;

2° De 2 parties d'argile, 1 partie de sable et 2 parties de terre végétale ;

3° De 1 partie d'argile, 1 partie de gravier et 2 parties de terre végétale.

Dans différentes contrées on ajoute à la terre formant le pisé des éléments liants tels que de la paille, du chanvre, etc.

Les **carreaux de plâtre** rendent de grands services pour la construction des cloisons légères de $0^{m},08$ d'épaisseur (enduits compris), et même de $0^{m},15$ et $0^{m},20$ qui deviennent de véritables petits murs. Ces carreaux se font dans des moules en bois ou en fer articulés ; on mêle au plâtre coulé des plâtras ou du mâchefer. Les carreaux bien faits sont sur deux côtés à noix, et sur les deux autres à gueule-de-loup de manière à bien s'emboîter les uns dans les autres. On en fabrique maintenant

avec deux faces rugueuses, *moulées* sur sparterie, ce qui assure l'adhérence complète du plâtre.

Béton. — Le béton est formé d'un mélange de mortier hydraulique avec de petites pierres : cailloux, débris de pierres, roches concassées, briques cassées, etc... C'est une maçonnerie à petits matériaux que l'on fabrique sur place, et qui prend la forme de l'encaissement qui doit la contenir.

Les proportions de mortier et de cailloux entrant dans la composition du béton dépendent du degré de solidité qu'on veut demander au béton. Le béton est *gras* ou *maigre*, suivant que la quantité de mortier est suffisante pour combler tous les vides entre les pierres, ou si on s'est contenté d'assurer seulement la présence du mortier aux points de contact des pierres.

La dimension des cailloux ou pierres concassées va de $0^m,03$ à $0^m,04$, et ne doit jamais être supérieure à $0^m,05$. On doit avoir soin de les laver parfaitement pour enlever les matières terreuses qui empêcheraient l'adhérence du mortier. Pour faire ce lavage, on se sert parfois d'une brouette dont le fond est grillé ; on jette de l'eau et les terres se trouvent entraînées. Cependant on n'arrive à un bon lavage que si on a soin de remuer les cailloux pendant qu'on les arrose.

Le béton, dit M. Denfer, ne peut former de parement vertical découvert : il ne tiendrait pas. On l'étend dans un trou, une rigole, un encaissement formant moule pour constituer un massif ou la fondation d'un mur.

On l'étale par couches de $0^m,20$ et on pilonne bien chaque fois, pour obtenir tout le tassement possible de la matière.

Le béton est considéré comme totalement incompressible quand il a été bien pilonné. Il prend en masse dans un temps plus ou moins long, suivant la qualité des chaux ou ciments qui en constituent la partie essentielle.

Lorsqu'on veut charger de suite un béton nouvellement fait, il faut être bien sûr de la solidité des parois du terrain qui l'enveloppe. Si ces parois pouvaient céder, ou si le béton était susceptible de pénétrer latéralement dans le terrain, la fondation serait compromise.

Il faut éviter de faire des bétons avec des ciments à prise rapide, car la compacité ne peut être obtenue que par un pilonnage préalable à la prise, et celle-ci, dérangée, se ferait mal et ne donnerait qu'un ouvrage peu résistant. On supplée aux ciments romains, quand on veut limiter la dépense à celle qu'ils occasionneraient, au moyen d'un mélange de chaux et de ciment à prise lente.

Si l'on fait des remplissages de rigoles dans des terrains peu compacts ou peu résistants latéralement, avec du béton devant porter une construction lourde vivement montée, il faut faire le sacrifice d'employer des ciments à prise lente, de préférence aux chaux ordinaires.

TABLEAU DE COMPOSITION DE BÉTONS

(Établi par MM. Claudel et Laroque.)

NUMÉROS d'ordre	BÉTONS	MORTIER	CAILLOUX	EMPLOIS DE CES BÉTONS
		m. c.	m. c.	
1	Bétons gras	0,55	0,77	Pour radiers, réservoirs, etc., soumis à une pression d'eau considérable.
2	Béton ordinaire.	0,52	0,78	Pour les ouvrages de maçonnerie des eaux et égouts de la ville de Paris.
3	Béton ordinaire.	0,48	0,84	Pour les travaux de navigation dans Paris, fondations de pile de ponts, de murs de quais, etc.
4	Béton un peu maigre . . .	0,45	0,90	Pour fondations d'édifices sur terrains humides et mouvants.
5	Béton maigre.	0,38	1,00	Massifs, fondations, etc., sur terrain sec et mouvant.
6	Béton très maigre	0,20	1,00	(Même emploi que le précédent.)
7	Béton ordinaire.	0,50	1,00	Pour blocs artificiels faits avec mortier de chaux du Teil ; ports de Marseille, de Toulon et d'Alger.
8	Béton moyennement gras .	0,56	0,90	Jeté dans des enceintes asséchées.
9	Béton très gras.	0,57	0,85	Immergé frais à la mer.

De l'*Aide-Mémoire* de M. Philippe Huguenin nous extrayons le tableau suivant :

CONSTRUCTIONS	CIMENT	CHAUX	SABLE	TRASS	PIERRES	ADDITION
Pont sur l'Oder à Custrin	1	»	3	»	4	
Ponts à Berlin	1	»	3	»	6	
	1	»	4	»	8	
Pont près Offenburg.	»	3	5	1	16	
Ecole ou établissement militaire de natation à Carlsruhe	3	»	9	1	12	
	3	»	10	1	15	
Pont près de Iéna	»	14	29	»	30	Pierres concassées : 7,
— près de Rouen	6	19	33	»	15	Gravier :
— près de Marbué.	»	»	12	»	11	
— à Londres	»	2	4	»	8	
	3	»	5	»	4	Farine de briques ; 3.
Ecluses de la Rhur	5	»	1	»	12	

La formule souvent employée pour le béton à Paris est de, en cube :

$0^{m3},500$ de mortier n° 1 ou n° 2 et $0^{m3},890$ de cailloux lavés ou de meulière concassée.

(Le mortier n° 1 se compose de : 1 partie de chaux et 5 parties de sable de rivière ; le mortier n° 2 se compose de : 1 partie de chaux et 3 parties de sable.)

Les provenances des ciments et de chaux varient avec les qualités qu'on exige du béton.

MATÉRIAUX AGGLUTINANTS. — MORTIERS

On peut certainement faire des murs sans recourir aux mortiers, mais il faut alors avoir affaire à des pierres lourdes, stables par elles-mêmes et d'une taille parfaite. Autrement, les murs en pierres sèches (c'est-à-dire sans mortier) n'ont par eux-mêmes aucune solidité. Cependant certaines formes ou positions permettent l'emploi de la maçonnerie en pierres sèches : les *perrés*, ou revêtements de talus en terre (dans cette position, dit M. Denfer, ils sont appuyés sur la face inclinée du sol et ont alors peu de chance de se déranger), soit pour les revêtements de puits économiques (la forme circulaire contribuant à maintenir les pierres dans leur première position). On les employait autrefois pour des murs, en se servant de très gros blocs dont la masse assurait la solidité et l'on en fait encore parfois des murs de soutènement, auxquels on donne une grande épaisseur.

Mais les matériaux solides ne peuvent, en dehors de ces cas tout à fait spéciaux, constituer des murs ou autres ouvrages de maçonnerie qu'à la condition d'être agglutinés, réunis et soudés par des mortiers. Ceux-ci proviennent, en général, du mélange d'une matière agglutinante proprement dite avec de l'eau et du sable.

Les mortiers, formant à l'emploi un pâte plus ou moins fluide, remplissent les vides laissés par les matériaux solides, puis durcissent et se solidifient, soit par simple dessiccation, soit par combinaison chimique, de manière à former un bloc unique dont la résistance est quelquefois très considérable.

Le *mortier de terre*, le plus simple de tous, est fréquemment employé dans les constructions rurales, seul, ou comme remplissage entre les matériaux résistants, et parfois servant de hourdis pour lier les matériaux.

Employé seul, il est composé de terre argileuse pétrie avec

de la paille, du foin ou toute autre matière liante. Il sert alors pour les murs de clôture. Employé avec d'autres matériaux, il sert à remplir les vides d'un pan de bois ou les intervalles de piliers en maçonnerie. Enfin, le mortier de terre est encore utilisé pour réunir les pierres entre elles; c'est le cas des murs de clôture avec chaînes en plâtre, l'économie réside seulement dans la substitution de la terre au plâtre.

Le mortier de terre devient assez dur par simple dessiccation mais malheureusement il est très attaquable par l'eau, il faut donc garnir les murs en terre d'un chaperon ou d'une couverture quelconque à la partie supérieure et enduire de plâtre ou mortier les parties verticales.

Les maçonneries élevées en briques non cuites sont très souvent hourdées en terre.

En dehors de la terre végétale demi-argileuse, on emploie aussi la *terre à four*, argilo-sableuse, pour hourder les briques dans les grands fourneaux.

Chaux. — La chaux s'obtient par la calcination de certaines pierres. Les pierres propres à donner de la chaux sont les pierres calcaires, la craie, l'albâtre, les coquillages, etc., qui sont des carbonates de chaux.

Soumis au feu, les calcaires purs laissent entièrement dégager l'eau de cristallisation et l'acide carbonique, de sorte qu'il ne reste que de l'oxyde de calcium pur, c'est-à-dire de la chaux grasse qui a la propriété de faire avec l'eau une pâte qui durcit à l'air, mais se dissout dans l'eau.

Cependant, si les pierres calcaires sont mélangées d'une certaine quantité d'argile, la chaux qui résulte de la calcination des pierres calcaires devient hydraulique, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de se pétrir à l'eau, et de plus de durcir non seulement à l'air, mais aussi sous l'eau.

Le carbonate de chaux ou calcaire fortement chauffé conserve à peu près la même apparence qu'avant la cuisson et prend le nom de *chaux grasse*. Si on mouille ces pierres, la chaux s'échauffe, fuse et foisonne, c'est-à-dire augmente considérablement de volume, et dégage une chaleur considérable. Elle devient alors *chaux éteinte* ou *chaux hydratée*. La *chaux vive*, c'est-à-dire avant d'être combinée avec l'eau, prend le nom de chaux anhydre.

La chaux étant éteinte et en poudre, si on ajoute de l'eau, la chaux se délaye et forme une pâte liante propre à entrer dans la composition du mortier. Plus étendue encore la chaux forme le *lait de chaux*, elle est propre au badigeon.

Les calcaires contenant des matières étrangères inertes fournissent des chaux qui s'hydratent plus lentement, qui foisonnent moins et qui combinées avec l'eau forment une pâte moins liée. On les appelle *chaux maigres*, et pas plus que les chaux grasses elles ne prennent sous l'eau.

Comme nous l'avons dit plus haut, les *chaux hydrauliques*, c'est-à-dire ayant la propriété de prendre sous l'eau, sont celles provenant des calcaires contenant environ de 12 à 20 p. 100 d'argile. Elles s'hydratent avec l'eau sans presque dégager de chaleur ni foisonner ; à l'air, elles se fendillent moins que les *chaux grasses* en séchant.

Mortier de *chaux grasse*. La pâte de chaux grasse se conserve molle dans les endroits humides ; dans l'eau, elle ne prend pas, elle se dilue et forme un dépôt. Additionnée de deux ou trois fois son volume de sable, elle forme le mortier de chaux grasse. Ce mortier durcit lentement, aussi faut-il se garder de construire trop rapidement, mais bien laisser aux assises inférieures le temps nécessaire pour durcir assez pour supporter le poids des parties supérieures.

Le mortier composé avec de la chaux ordinaire *grasse* ou *maigre* et du sable durcit à l'air par dessiccation et absorption de l'acide carbonique. Enfoui dans la terre et à l'abri du contact de l'air, ce mortier ne se solidifie pas. Pour obtenir un bon mortier de chaux grasse, il faut de la chaux en pâte ferme et n'y ajouter de l'eau que si le sable, trop sec, le réclame absolument.

Ce mortier convient aux maçonneries exposées à l'air sec, murs de maisons et de clôture.

Le *mortier de chaux grasse avec pouzzolane* est hydraulique et la prise est d'autant plus rapide que la pouzzolane employée est plus énergique. Il convient pour les maçonneries placées constamment sous l'eau ou dans un sol très humide ; à l'air il durcit aussi, mais se comporte moins bien, devient pulvérulent et se fendille sous l'action de la gelée. En ajoutant une certaine quantité de sable, la prise est plus lente, mais le mortier est moins gélif en même temps qu'il est plus économique.

Le *mortier de chaux hydraulique* présente trois qualités différentes : 1° *éminemment hydraulique*, lorsqu'il fait prise trois jours après l'immersion ; 2° *hydraulique*, s'il prend du quatrième ou huitième jour ; 3° *moyennement hydraulique*, s'il prend corps du dixième au vingtième jour après l'immersion.

Après une année, le premier atteint la dureté de la brique ; le second celle de la pierre tendre, et le troisième celle du savon. La dureté augmente ensuite avec le temps.

COMPOSITION DE UN MÈTRE CUBE DE MORTIER DE CHAUX

(D'après M. L. PRUDHOMME.)

DÉSIGNATION DES CHAUX	PROPORTION des mélanges		VOLUME				OBSERVATIONS
	de chaux	de sable	de chaux	de sable de rivière	de ciment de tuileau	de pouzzolane	APPLICATIONS DIVERSES
	En pâte		En pâte m. c.	m. c.	m. c	m. c.	
Grasse ordinaire du Loiret. . .	1	2	0.50	1.00	»	»	Murs de clôture et de bâtiments.
— —	1	2	0.44	0,88	»	»	— —
Grasse un peu hydraulique . .	»	»	0.34	0.82	»	»	Pavages des cours.
— —	»	»	0,25	0.94	»	0.20	Réservoirs.
Hydraulique de Belfes.	»	»	0.40	0.90	»	»	Service de la navigation de la Loire et de ponts sur les cours d'eau.
— —	»	»	0.45	»	0.90	»	Chapes de ponts sur les cours d'eau.
— —	»	»	0.44	0.44	0.44	»	Travaux de service de la Loire (Loiret).
— d'Echoisy.	1	4	0.33	1,00	»	»	Travaux de la Loire à Tours, revêtements de réservoirs.
— —	»	»	0.33	0.80	0.20	»	— —
— de Paviers	»	»	0,55	1.00	»	»	Bon mortier hydraulique hors de l'eau.
— du Theil	»	»	0.43	0.90	»	»	Maçonnerie de moellons, de pierres et enduits.
	En poudre		En poudre				*Travaux d'Amboise.*
— de Paviers	4	5	0.72	0.90	»	»	Béton immergé, maçonnerie de moellons, de pierres de taille, enduits, jointoiements.
— de Choisy	3	5	0.60	1,00	»	»	
— de Doué	2	5	0,40	1.00	»	»	
							Canal du Forez.
— du Theil	3	5	0.54	0.51	»	»	Béton, maçonnerie de moellons et de pierres de taille, enduits et jointoiements.

La fabrication des mortiers se fait à bras d'homme ou par moyen mécanique.

A bras d'homme, on le fait sur une aire en planches jointives — afin d'éviter le mélange de matières étrangères — dans un endroit couvert et abrité en tous sens, pour éviter qu'il soit desséché par le soleil ou délayé par la pluie.

Si la chaux est en pâte, et a déjà durci, il faut la broyer au pilon, sans eau ; si la chaux est en poudre, on l'étend sur une épaisseur de $0^m,10$ environ. On ajoute la quantité d'eau nécessaire (30 à 40 litres par hectolitre de chaux) et au fur et à mesure des besoins jusqu'à ce qu'on obtienne une pâte liante et bien homogène.

La chaux ramenée à l'état de pâte, on y ajoute graduellement du sable jusqu'à concurrence de la quantité indiquée par le dosage et on broie le mélange sous les rabots qui poussent et ramènent alternativement la matière.

Il faut éviter soigneusement l'excès d'eau ; le mortier doit toujours être gâché ferme, parce qu'ainsi, il a plus de cohésion, adhère mieux aux pierres, et fait de la maçonnerie meilleure.

La manipulation peut cependant être différente pour la chaux en poudre : le mélange de chaux et de sable peut être fait à sec, puis on verse l'eau strictement nécessaire au moyen d'arrosoir tout en opérant la trituration.

Il est bon de ne préparer que la quantité de mortier qui trouvera son emploi dans la même journée, de manière à éviter une dessiccation qui nuirait beaucoup à sa qualité.

Nous avons dit que le mortier devait être assez sec et présenter à peu près la consistance de l'argile propre à faire de la brique. On reconnaît du reste qu'un mortier de chaux a une consistance suffisante, lorsqu'il tient sur la truelle sans s'affaisser complètement, et aussi quand formant avec le mortier une boule de $0^m,10$ environ le diamètre il ne se déforme pas sous son propre poids.

« Le secret d'une bonne maçonnerie, a dit M. Vicat est tout entier dans ce précepte : *mortier ferme et matériaux mouillés.* » Or c'est toujours l'inverse qu'on fait, nos maçons préfèrent noyer le mortier que de mouiller la brique ou la pierre, et les constructeurs laissent faire et ont tort ; les matériaux secs ont bien vite absorbé la faible quantité d'eau que contient le mortier, puis tous deux sèchent séparément, le mortier appauvri d'eau est presque en poudre, et la cohésion, l'adhérence qu'on se proposait d'obtenir ne se produisent que partiellement, là où pour une cause quelconque l'eau n'a pas été entièrement prise par le matériau en contact.

On doit même, dans la confection du mortier mouiller le sable, si celui-ci n'a pas subi un lavage immédiatement avant son emploi.

« Mais, dit M. Prud'homme, si les mortiers de chaux hydrauliques ne doivent dans aucun cas être ramollis par une addition d'eau, il n'en est pas de même des mortiers de chaux grasse qui sont meilleurs lorsqu'on effectue le corroyage à plusieurs reprises, c'est-à-dire lorsqu'on les fabrique à l'avance, pour les ramollir ensuite, au fur et à mesure de leur emploi par une addition d'eau, ce qui leur fait absorber la plus grande quantité possible d'acide carbonique.

« Si les mortiers hydrauliques ont été mouillés par la pluie, on peut si on le juge convenable, les broyer de nouveau avec de la chaux éteinte en poudre par immersion et en quantité suffisante pour les ramener à une consistance convenable. On peut exiger qu'ils soient reportés au manège. »

La *manipulation au broyeur* se fait dans un tonneau en chêne cerclé de fer. Il a 1 mètre de hauteur sur $0^{m},98$ de diamètre extérieur à sa partie supérieure et $0^{m},88$ de diamètre à sa partie inférieure de sorte qu'il est légèrement évasé par le haut. Ce tonneau est fermé par le bas et porte à sa partie inférieure une vanne à coulisse qui sert à laisser sortir le mortier. Plusieurs râteaux étagés sont fixés à un arbre vertical placé dans l'axe du tonneau et se meuvent circulairement. Quelques-uns des râteaux en fer sont mobiles, tandis que les autres sont fixés au tonneau et disposés de manière à s'entre-croiser, ce qui permet aux dents des râteaux mobiles de passer à travers des râteaux fixes. L'arbre vertical est en outre muni de disques en fonte qui écrasent le mortier contre le fond du tonneau.

L'arbre vertical est mis en mouvement par des chevaux ou par une machine à vapeur.

Pour confectionner le mortier, on jette alternativement dans le tonneau la chaux en pâte et le sable dans les proportions prescrites. La chaux doit être amenée préalablement à l'état de pâte molle sans addition d'eau.

Si la chaux est en poudre, on commence par mélanger la chaux et le sable sur une aire en planches et dans les proportions indiquées ; puis on jette le mélange dans le tonneau en versant en même temps la quantité d'eau convenable et on règle l'ouverture de décharge, de manière que le mélange ait l'homogénéité nécessaire.

CIMENTS

On donne ordinairement le nom de *ciment* à des substances qui, mélangées de chaux grasse, ont la propriété de la rendre hydraulique ; telles sont la *pouzzolane* naturelle ou artificielle, la poussière de briques ou de tuileaux pilés, les cendres de houille mêlées à la poussière de chaux provenant des fours où l'on cuit cette matière.

Ciments naturels. — On donne à ces ciments les noms de *ciments romains*, *ciments de Pouilly*, *ciments de Molène*, etc. Et ces ciments ne sont autre chose que des chaux-ciments qui possèdent au plus haut degré les qualités des chaux hydrauliques.

Lorsque la proportion d'argile contenue dans les calcaires atteint de 23 à 40 p. 100, les produits de la cuisson donnent des mortiers qui prennent en 15 ou 20 minutes ou en 2 à 4 heures suivant le degré de la cuisson et la nature des calcaires.

Le ciment est dit *à prise rapide* lorsqu'il durcit en quelques minutes. Il est dit *à prise lente* lorsqu'il ne durcit qu'après un laps de temps de 8 à 18 heures d'immersion ; il doit être après 120 heures assez résistant pour résister à une pression de 20 kilogrammes par centimètre carré. Le ciment de Portland de Boulogne, le ciment brûlé de Marsac et le ciment Vicat de Grenoble sont des ciments à prise lente. Ils acquièrent en peu de temps une dureté très supérieure à celle des ciments à prise rapide.

Les couleurs sont : brun foncé, brun clair, gris, jaune, etc., elles n'ont aucune influence et sont dues à la présence d'oxyde de fer dans l'argile.

Les ciments de Vassy (Yonne), de Molène et de Pouilly sont des ciments à prise rapide.

Le ciment rend hydrauliques les chaux grasses et augmente l'hydraulicité des chaux maigres.

Pouzzolanes. — Les pouzzolanes sont des terres volcaniques, leur nom vient de Pouzzoles près de Naples, où on en trouve en grande quantité, comme du reste en toutes les contrées montagneuses où ont existé des volcans. Les *pouzzolanes volcaniques* ou *naturelles* sont essentiellement composées de silice, d'alumine et de peroxyde de fer, auxquels viennent s'unir, suivant les circonstances, de la magnésie, de la chaux, de la potasse ou de la soude.

D'autres pouzzolanes non volcaniques ont pour bases la silice et l'alumine, auxquelles s'ajoutent certaines matières étrangères.

Lorsque les calcaires contiennent 57 à 84 parties d'argile pour 43 à 16 de carbonate de chaux, ils donnent par la calcination un produit composé de 70 à 90 parties d'argile avec 30 à 10 parties de chaux. Ce produit est une pouzzolane artificielle ou *ciment hydraulique*, il est trop maigre pour fuser et former pâte avec l'eau, même après avoir été pulvérisé. Réduit en poudre et mélangé avec de la chaux grasse, il produit un mortier hydraulique à durcissement rapide.

Le *ciment ordinaire* n'est autre chose qu'une pouzzolane artificielle obtenue en pulvérisant et en tamisant de l'argile cuite ; c'est le ciment de tuileaux. Les débris de briques ne valent pas les débris de tuiles et de poteries dont les terres, plus pures, contiennent de 90 à 100 d'argile et 10 de chaux environ.

Les bons ciments à *prise rapide*, sont ceux de Vassy, de Pouilly, etc. ; ceux à *prise lente*, sont le Portland de Boulogne, de Marsac et de Grenoble.

Les *mortiers de ciment* sont composés de ciment en poudre et de sable délayés à l'eau. Ils durcissent très bien sous l'eau et atteignent une grande consistance.

La proportion de sable est très variable :

Le mortier n° 1 comprend, en volumes	1 partie de ciment. 5 parties de sables.
Le mortier n° 2 est formé de	1 partie de ciment. 3 parties de sable.
Le mortier n° 3 se compose de	1 partie de ciment. 2 parties de sable.
Le mortier n° 4 comporte	1 partie de ciment. 1 partie de sable.

Ces numéros correspondent à ceux que nous avons employés pour les mortiers de chaux : le n° 1 ne doit être fait qu'avec le ciment de Portland, ou bien, pour massifs de blocages, avec de bonnes chaux ; le n° 2 est le plus employé dans les constructions ordinaires, avec chaux de Beffes, ou autres, ciments de Montreuil, de Vassy, etc. ; le n° 3 convient aux maçonneries très soignées ; enfin, le n° 4 est appliqué aux hourdis des maçonneries étanches, ou aux enduits de fosses, etc.

Le gypse ou *pierre à plâtre* est un sulfate de chaux hydraté ; il se compose d'environ 46 p. 100 d'acide sulfurique, de 32 p. 100

de chaux et de 22 p. 100 d'eau. Mais la pierre gypseuse est rarement pure : c'est un mélange de sulfate et de carbonate de chaux. Le gypse des environs de Paris qui fournit le meilleur plâtre connu, renferme environ 8 p. 100 de carbonate de chaux.

Si on chauffe le gypse à une faible température (120° environ), l'eau de cristallisation s'évapore, la pierre devient friable et se réduit facilement en poudre mais conserve l'acide sulfurique qui reste combiné avec la chaux. Le plâtre est donc un sulfate de chaux anhydre.

C'est une substance blanche ressemblant à la craie, n'ayant rien de caustique et pouvant être maniée sans aucun danger.

Gâché avec une certaine quantité d'eau, le plâtre prend de suite et présente une dureté moyenne ; dans la première heure qui suit son emploi, il peut être taillé comme l'albâtre. Les plâtres se comportent mal à la pluie ou à l'humidité mais rendent de grands services pour les hourdis, les enduis et plafonds, ainsi que tous les légers ouvrages de distribution.

Le plâtre s'emploie au-dessus de l'étage du bas pour hourder les moellons, les briques ; pour sceller les briques, dalles, carreaux, etc., pour traîner des moulures et faire des scellements.

On distingue dans la pratique : le *plâtre au panier*, le plus gros, qui sert à hourder les murs, les cloisons et à faire les crépis ou enduits grossiers ; le *plâtre au sas*, qui est plus fin parce qu'il est passé au tamis de crin ; enfin le *plâtre au tamis de soie* qui sert aux plâtriers pour les plafonds et enduits soignés ; le *plâtre à modeler*, plus fin encore, d'un usage courant pour les sculptures et accidentellement employé en maçonnerie.

Stuc. — On distingue deux sortes de stuc, le *stuc en chaux* et le *stuc en plâtre*. Le premier est à proprement parler un ciment, sa couleur se prête peu à un effet architectural. Le stuc de plâtre s'obtient en gâchant du plâtre dans l'eau chaude tenant en dissolution de la gélatine ou colle forte. Cette colle lui donne une très grande dureté et fait du plâtre une sorte de marbre artificiel qui peut servir à revêtir des murs, des colonnes, etc.

Le plâtre ainsi gâché, on l'applique par couches, puis on le polit avec la pierre ponce et le tripoli ; un vernissage vient compléter le tout.

Nous devons encore mentionner un autre stuc, obtenu en mélangeant ensemble de la chaux et du plâtre, et qui peut être employé à l'extérieur.

ASPHALTE. — BITUME

L'asphalte est une substance solide, molle ou liquide, mais pouvant toujours être réduite à ce dernier état par la chaleur ; de couleur brune, d'éclat luisant, inodore à froid, mais brûlant avec une forte odeur empyreumatique. C'est un calcaire bitumineux, une roche calcaire poreuse imprégnée naturellement et d'une manière très intime d'une certaine quantité de bitume, environ de 6 à 12 p. 100. C'est au moyen de la chaleur que l'on extrait le bitume de la roche asphaltique.

Le bitume est une substance composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène ; c'est un carbure d'hydrogène, et il sert à fabriquer les mastics bitumineux employés dans les constructions.

La France est assez riche en dépôts bitumineux ; il s'en trouve en Auvergne, dans le Dauphiné, dans les Landes, etc. Les asphaltes les plus employés à Paris et en France proviennent de Seyssel (Ain), de Chavaroche (Savoie), de Lobsann et du Val-de-Travers (Suisse).

Le *mastic bitumineux* est un mélange de bitume et de roche asphaltique pulvérisée, dans la proportion de 10 à 15 parties de bitume pour 90 à 85 de roche. Mélangé de sable, ce mastic s'emploie pour les trottoirs, terrasses, chapes, etc. ; sa densité est de $1^{kg},100$ à $1^{kg},500$ et il fond à environ 100°.

Le bitume *artificiel* est composé pour la quantité nécessaire à l'établissement de 1 mètre carré de : $4^{lit},5$ de goudron de houille, $0^{kg},7$ de colophane, et $0^{m3},005$ de chaux.

Le *coaltar* ou *goudron minéral* est une matière visqueuse produite par la distillation de la houille, c'est un carbure d'hydrogène comme le bitume.

Le *brai* est une matière résineuse provenant de la décomposition de la houille. Le brai sec est brun ou roux ; sa cassure est vitreuse. Mélangé au coaltar, il devient plus gras.

BOIS DE CONSTRUCTION

Le bois est l'élément primordial employé par l'homme dans la construction de sa demeure, et est actuellement encore universellement employé.

On distingue : les bois durs, les bois tendres et les bois rési-

neux. Les bois durs sont : le chêne, l'orme, le hêtre ou foyard, le frêne, le charme, le châtaignier, le noyer, le sorbier ou cormier, l'alizier, le cornouiller, etc.

Les bois tendres ou blancs comprennent le tilleul, l'aune, le bouleau, le peuplier, le platane, l'érable, etc.

Les bois résineux, appelés aussi *arbres verts* parce qu'ils conservent presque tous leur feuillage en hiver, sont le sapin, le pin, le pitchpin et le mélèze. Ces bois sont d'autant meilleurs pour la construction qu'ils sont plus chargés de résine. Ceux dont on a extrait cette substance au moyen d'incisions qui la laissent couler, perdent de leur qualité, ils deviennent plus blancs et beaucoup plus cassants.

Tous les arbres, à quelque espèce qu'ils appartiennent, présentent en section une quantité de couches concentriques d'autant plus serrées que le bois est plus dur. L'âge d'un arbre se reconnaît au nombre d'anneaux concentriques, chaque année amenant une couche nouvelle. Ces couches sont elles-mêmes entourées de l'*aubier*, bois tendre en formation (très attaquable par les vers), qui est lui-même recouvert par l'*écorce*, substance molle, remplie de gerçures qui est formée du *liber* ou *livret* qui est sa partie intérieure, et de l'*épiderme*, qui est son enveloppe extérieure.

L'abatage des bois se fait en hiver, d'octobre à mars.

On appelle *bois en grume* les bois écorcés ou non qui sont débarrassés de leur branches et débités de longueur.

On appelle *bois équarris* ou *bois de brin* celui auquel on a donné au moyen de la hache ou de la scie une forme carrée sans cependant enlever entièrement l'aubier.

On conservera indéfiniment les bois de charpente, si après les avoir écorcés et sciés, on les laisse tremper pendant quelques jours dans du lait de chaux, et si on les en enduit exactement.

On augmentera d'un sixième la force des bois de charpente, en les écorçant quelques mois avant de les abattre.

Cette opération doit se faire au moment où l'arbre est en pleine sève, en mai par exemple, pour couper en automne.

Chêne. — Le bois de chêne présente une couleur jaune foncé, uniforme, s'adoucissant un peu vers la circonférence. Cette couleur devient plus noire si le bois est longtemps exposé à l'air ou à l'eau. Ce bois a une grande importance en construction ; il est durable et résistant, sa densité se rapproche de celle de l'eau et parfois la dépasse, ce qui est le cas pour le cœur de chêne qui atteint 1^{kg},170.

Utilisé dans l'eau, le chêne peut être employé vert, mais, employé à l'air libre, il doit être sec et compter plusieurs années de coupe.

En construction, on emploie le *chêne blanc* dont la feuille est longue, étroite et profondément découpée. Les fibres sont droites et serrées, sa couleur est *jaune paille*. Le *chêne de Bourgogne*, excellent pour faire des piliers. Celui des *Vosges* plus facile à travailler et propre aux ouvrages de menuiserie.

Le hêtre est plein et dur, propre à la charpente et à la menuiserie, mais c'est surtout dans le meuble rustique qu'il est utilisé, sa couleur est fauve très clair, sa densité est $0^{kg},696$.

L'orme est d'un brun rougeâtre, ferme, plein, résistant, souple, liant et très dur ; mais ses fibres sont presque toujours ondulées ou tordues, et il est par conséquent difficile à travailler et sujet à se tourmenter. En outre, il se laisse facilement piquer par les vers. Il sert en charpente pour faire des ouvrages de peu de durée, des cintres par exemple, en charronnage on en fait des moyeux et des jantes de roues, des vis en bois, etc. Il présente une grande ténacité, sa pesanteur spécifique est $0^{kg}, 553$.

Le frêne est l'essence qui donne le bois le plus flexible, blanc rayé de teintes jaunâtres à la séparation des couches concentriques ; ferme et liant, avec le temps il devint raide et dur mais surtout difficile au travail du rabot. Sa souplesse et sa force en font un bois estimé pour les travaux de charronnage. Sa densité est $0^{kg},760$.

Le charme est un bois d'un blanc grisâtre tirant un peu sur le jaune. Très dur et très compact, il est très bon à employer là où un frottement se produit, il fait d'excellentes coulisses, des dents d'engrenages, il convient au charronnage et aux ouvrages du tour. Son poids spécifique est $0^{kg},752$.

Le châtaignier ressemble au chêne et possède quelques-unes de ses qualités, son bois est dur, compact et assez résistant ; placé dans l'eau, il acquiert une grande dureté et dure indéfiniment ; à l'air il vieillit vite, devient cassant et se fendille. Les vers l'attaquent promptement, et encastré dans la maçonnerie il se pourrit rapidement. Bois très ligneux, il se prête aux travaux nécessitant des bois courbés, il sert en tonnellerie et pour les treillages. Il pèse $0^{kg},652$.

L'aune ou l'**aulne** croît au bord des eaux et dans les lieux humides ; sa texture est fine et serrée, il est d'une belle couleur et se travaille bien. Il est particulièrement propice pour faire des pilotis parce qu'il se conserve bien sous l'eau. Sa densité est 0^{kg},608.

Le tilleul est un des meilleurs bois tendres, tant pour la durée que pour la solidité. Son bois est fin, blanc, se coupant bien ; il se tourmente très peu, n'est pas sujet à être piqué par les vers et convient à certains travaux de menuiserie. Il pèse 0^{kg}, 687.

Le bouleau est tendre d'un blanc roux, son tissu est serré, ses fibres sont fines et droites. A défaut d'autre bois on en peut faire de petites pièces de charpente ; mais il convient mieux au charronnage, à la confection des sabots, des arbres de treuil, etc. Son poids spécifique est 0^{kg},688.

Le peuplier est tendre, homogène, facile à travailler, très léger, mais aussi peu durable et peu résistant. Il sert principalement en menuiserie. Le *tremble* est une sorte de petit peuplier qui croît rapidement. Son bois est très mou et n'est utilisable que pour les ouvrages les plus ordinaires. On distingue diverses espèces de peupliers : celui d'Italie très élancé, dont le feuillage forme un immense cône, et qui pèse 0^{kg},371 à 0^{kg},414 ; le *peuplier blanc,* appelé vulgairement *ypréau*, sans doute à cause de son abondance autour de la ville d'Ypres, et *bois blanc*, par suite de la couleur. Ses fibres sont fines et son poids varie de 0^{kg},528 à 514. L'espèce la plus estimée est celle dite *blanc de Hollande ;* on en fait des charpentes pour travaux peu importants et surtout des ouvrages de menuiserie.

Le platane se divise en deux variétés distinctes : le *platane d'Orient*, vulgairement appelé *plane* ou *plame* et dont le poids spécifique varie de 0^{kg},700 à 0^{kg},714 ; et le *platane d'Occident* qui pèse 0^{kg},628 ; 0^{kg},648 ; 0^{kg},538. Le platane présente comme bois une certaine analogie avec le hêtre, mais il est plus brun et moins dur. Très compact, il est susceptible de recevoir le poli et se prête bien aux fins profils, mais il se laisse attaquer par les vers ; cependant sous l'eau, il se comporte bien.

Le sapin est un arbre résineux de la famille des *conifères* qui conserve ses feuilles en hiver, et qui a le tronc élevé, droit et à écorce lisse ; son bois est couleur jaune clair, jaune-rouge, et

ses fibres sont droites. Ce bois est tendre et facile à travailler : il s'emploie dans les mêmes travaux de charpente et de menuiserie que le chêne, pour poutres, solives, planchers, panneaux, etc. Il peut se conserver sous l'eau et être employé comme pilotis s'il renferme de la résine, mais, s'il a été saigné, son tissu devient blanc, sa densité diminue, il devient très cassant, et ne peut plus être employé que pour les travaux intérieurs demandant peu de résistance, et bien à l'abri de l'humidité. Riche en résine, il est élastique et léger, se comporte bien à l'écrasement et peut être employé aux charpentes de combles. On en distingue plusieurs espèces : le *sapin commun* dit aussi sapin blanc ou sapin argenté, qui est un arbre très élevé, droit, régulier et conique ; le *sapin du Canada*, arbre élevé aussi mais moins droit du tronc ; le *sapin des Vosges* et *du Jura*, le *sapin de Norvège ;* le *sapin du Nord*, de couleur rouge, est le meilleur de tous les sapins. N'étant pas saigné, la matière résineuse qu'il contient rend ses pores plus pleins, les nuances de ses veines plus belles, et lui donne la solidité ; les *sapins rouges* dits de Riga, qu'on tire de la Prusse orientale et de Russie, ont des fibres serrées et une belle couleur rose sur laquelle se détachent avec intensité les nœuds et les veines. Ils sont excellents pour les ouvrages de menuiserie.

La hauteur totale du sapin varie de 15 à 40 mètres ; celle du tronc de 8 à 30. Le diamètre moyen est de $1^{m},20$ environ.

Le poids du sapin est très variable, entre $0^{kg},464$ et $0^{kg}753$.

Le pin est plus résineux que le sapin, mais moins droit, en somme presque analogue au sapin, mais de moins bonne qualité.

Le pitchpin est un bois d'Amérique, très chargé en résine, avec de grosses veines couleur terre de Sienne ou jaune chaud. On en fait d'agréables parquets mais à cause de la résine le travail est plus difficile. Il pèse environ $0^{kg},600$.

Le mélèze est une variété du pin. Il pousse dans les Alpes, en Allemagne et en Russie ; il atteint 30 mètres de hauteur et son bois est plus durable que celui des autres pins. Il est moins dur et plus tenace que le chêne, se travaille plus facilement et résiste bien aux agents atmosphériques, ainsi qu'à la pourriture. Sous l'eau il dure d'une manière indéfinie et acquiert une très grande dureté. Il brûle lentement et difficilement. Sa densité est de $0^{kg},543$.

LES BOIS PRÉCIEUX

On comprend, sous la dénomination de bois précieux, les bois qui ne s'emploient pas ordinairement dans la construction à cause de leur rareté et par suite de l'élévation de leur prix.

Nous allons examiner rapidement quelques-unes des principales essences :

Acajou. — L'acajou se retrouve originairement dans l'Inde et dans l'Amérique méridionale. Il est rouge-brun ou marbré de jaune et de blanc et devient plus foncé en vieillissant. Les diverses espèces se distinguent par le dessin des veines, et l'on a : l'acajou uni, l'acajou moiré, et l'acajou ronceux. Ce bois s'emploie rarement autrement qu'en placages. Il pèse environ $0^{kg},900$.

Buis. — Le buis est un genre de plantes de la famille des euphorbes. Nous sommes habitués à ne voir le buis qu'en bordure dans nos jardins ou dans nos cimetières, mais sous d'autres climats : en Sardaigne, en Corse, à Minorque, il atteint parfois 30 mètres de hauteur. Son bois est d'un jaune pâle, aussi compact que les bois exotiques, et sa densité est supérieure à celle de l'eau ; sa dureté est considérable ; il est toujours exempt de gerçures et de carie, ce qui le fait rechercher pour les ouvrages de tour et de tabletterie, surtout la racine qui est très agréablement veinée. La densité est variable $0^{kg},912$, $0^{kg},982$, $1^{kg},328$.

Campêche. — On l'appelle aussi bois d'Inde, mais il est naturel à l'Amérique et son nom scientifique est hœmatoxylon. Il fournit une belle teinture rouge très employée.

Cèdre. — Les anciens Sémites employaient beaucoup le cèdre, maintenant encore les Arabes et les Orientaux en font un très fréquent usage. — Il croît naturellement dans une plaine élevée entre les sommets du mont Liban et on ne le retrouve en nulle autre contrée à l'état indigène. Cet arbre, qui appartient à la famille des conifères, a le port le plus noble et le plus majestueux ; sa tige ne s'élève pas à une très grande hauteur, mais ses branches puissantes s'étendent au loin et se distribuent en rameaux toujours verts. — Son bois est résineux, blanc rougeâtre, veiné de lignes brunes assez droites ; sa durée est très

grande ; il est presque incorruptible et est odoriférant. Sa densité spécifique est d'environ 0,561 à 0,596. Dans le temple de Salomon, il revêtait toutes les parois ; on l'emploie encore en Orient et en Afrique pour en faire des lambris et même de la menuiserie.

Citronnier. — Il est originaire de l'Inde orientale et appartient à la famille des hespéridées ; c'est un arbrisseau qui ne dépasse jamais 4 à 5 mètres de hauteur ; son bois, d'un blanc jaune, n'est propre, étant donné ses faibles dimensions, qu'à confectionner de très petits objets. Il est assez odoriférant. Sa pesanteur est environ 1 kilogramme.

Cyprès. — De la famille des conifères, il fournit un bois dur, résineux et compact, de couleur pâle, veiné de rouge. Il peut recevoir un très beau poli et est regardé comme presque imputrescible. Il pèse 0,644 à 0,650 environ.

Ébène. — L'ébénier est originaire de l'Inde et d'Afrique. Il donne un beau bois noir très dur et très pesant (celui des Indes $1^{kg},200$, celui d'Amérique $1^{kg},331$) et qui se prête bien au polissage. — Dans l'Inde, à Ceylan, on fait de beaux travaux où l'ébène se mêle à l'ivoire. — En Europe, il a donné son nom à l'ébénisterie qui l'emploie beaucoup soit pour la marqueterie, soit pour le meuble. — A notre époque d'imitation effrénée, on fait de l'ébène avec du poirier teint, mais ce produit n'en a ni la dureté ni la pesanteur.

Erable. — Il appartient à la famille des arécinées. C'est un arbre d'une haute stature et d'un port élégant. Son bois est dur, un peu jaune, et brun vers le cœur ; le plus beau, l'érable sycomore, est jaune et marbré de brun, d'un dessin qui rappelle un peu les vermiculures. Il est recherché des luthiers et des ébénistes ; il reçoit un très beau poli et ne se laisse pas attaquer par les vers ; son poids spécifique est de : $0^{kg},618$ pour l'*érable plane*, $0^{kg},730$ pour l'*érable champêtre*, $0^{kg},753$ à $0^{kg},775$ pour l'*érable duret*.

Gaïac. — Arbre de l'Amérique méridionale et appartenant à la famille des rutacés. Son bois est brun, légèrement veiné de jaune ; très pesant (1,340) et très dur. — On l'emploie dans toutes les occasions où on a besoin d'une grande résistance soit comme ténacité, soit comme usure, dans la mécanique et dans la menuiserie ; dans le meuble, il ne sert guère qu'à la confection des roulettes.

If. — C'est un arbre vert de la famille des conifères, originaire de la Chine et du Japon et qui est aujourd'hui répandu dans toute l'Europe. Il fournit un beau bois rouge veiné, très dur et susceptible d'un très beau poli. Suivant les contrées, son poids varie de 0,770 à 0,815. Il est très employé en ébénisterie et dans la marqueterie, pour laquelle sa couleur est précieuse.

Noyer. — Genre de la famille des balanifères ayant pour type un arbre originaire de l'Asie, et très répandu maintenant en Europe où on le cultive pour ses fruits et surtout pour son bois. Ce dernier est brun, légèrement veiné, et d'une texture fine ; il est facile à travailler, se polit bien et ne gerce pas. — Il est très attaquable par les vers et se corrompt facilement à l'eau. On l'emploie beaucoup dans l'ameublement, en revêtements intérieurs, et dans les modèles destinés à la fonte. — Son poids varie suivant les provenances de 0,600 à 0,775.

Thuya. — Arbre de la Chine, très employé en ébénisterie à cause des dessins extrêmement variés que présentent ses coupes. Son bois pèse 0,570, est très odorant (il était employé comme encens) et sa couleur est d'un jaune rougeâtre très marbré).

CONSERVATION DES BOIS

La conservation des bois a pour objet de réduire autant que possible les influences destructives et en augmenter la durée.

Exposés au contact des agents atmosphériques et aux alternatives de sécheresse et d'humidité, les bois s'altèrent, pourrissent et tombent en poussière. Les causes principales sont :

L'humidité qui engendre la pourriture, la moisissure et les végétations parasites ;

La fermentation de la sève qui donne lieu à l'échauffement, à la carie sèche ;

La vermiculure, c'est-à-dire la perforation produite dans les tissus ligneux, par les larves d'une série spéciale d'insectes, généralement coléoptères, et que l'on appelle vers ou tarets, suivant que la perforation a lieu à sec ou sous l'eau.

Les moyens préventifs les plus propres à empêcher la destruction des bois sont les suivants :

1° **Dessiccation naturelle.** — Elle consiste à protéger le bois contre le soleil et la pluie et à le laisser sécher, à libre circulation d'air, en moyenne pendant deux années s'il

doit être employé à des travaux de charpente et de quatre années s'il doit être employé à des travaux de menuiserie. La coupe du bois doit être faite à l'époque du minimun de circulation de la sève, c'est-à-dire, dans nos climats, du 15 novembre au 15 décembre.

2° **Flottage.** — Dans les pays de montagne, on a l'habitude de faire flotter les bois, c'est-à-dire d'utiliser les cours d'eau naturels pour transporter économiquement, les produits des forêts des lieux de production aux lieux de consommation. L'immersion doit avoir une durée de trois ou quatre mois, temps qui permet à l'eau de se substituer à la sève putrescible. Le flottage se pratique surtout pour les bois durs et en particulier le chêne. Il peut s'opérer dans une eau courante ou stagnante, mais jamais dans l'eau de mer qui rendrait les bois très putrescibles.

3° **Dessiccation artificielle.**— Elle a lieu dans les chambres de chaleur ou étuves où les courants d'air chaud viennent enlever au bois les éléments capables d'être vaporisés. La température nécessaire est de 40° pour le chêne, 30 à 40° pour les arbres à feuillage, 80 à 95° pour les conifères.

Si le courant d'air agit douze heures par jour :

Le temps de séchage	=	1	2	3	4	7	10 semaines.
Pour une épaisseur	=	$0^m,025$	$0^m,050$	$0^m,075$	$0^m,100$	$0^m,150$	$0^m,200$ millim.

Le procédé de M. Fréret consistait en un séchage par circulation de fumée dans l'étuve renfermant les bois à traiter, particulièrement bon pour les bois qui contiennent de l'acide pyroligneux, tels que le chêne, le hêtre, le noyer, l'orme, le frêne, etc., parce que l'acide pyroligneux contenu dans le bois et la créosote qui se dégage de la fumée se combinent naturellement dans l'opération du séchage. L'albumine et la sève, c'est-à-dire les parties putrescibles, sont chassées du bois, ou transformées par la chaleur en faisant place à l'élément conservateur naturellement obtenu.

4° **Carbonisation.** — C'est un procédé très répandu qui consiste simplement à brûler superficiellement le bois. Il se forme une pellicule au-dessous de laquelle le bois présente une couche brûnâtre, torréfiée et contenant de la créosote.

5° **Injection de sulfate de cuivre.** — Solution composée de 1 partie de sel et 50 parties d'eau injectées dans le bois par une pression de 8 à 10 atmosphères.

6° **Injection de chlorure de zinc.** — 1 pour 24 ; les bois sont plongés dans la vapeur pendant une à deux heures, dans le vide pendant une à deux heures et demie et dans la solution de chlorure de zinc pendant une ou deux heures sous une pression de 8 atmosphères.

7° **Bain de protochlorure de mercure.** — Solution composée de 1 de sublimé corrosif et 50 d'eau ; les bois doivent y rester plongés environ huit ou dix jours.

8° **Créosote.** — Elle bout à 235° centigrades ; elle pénètre sans résidu graisseux dans les bois de bout préalablement séchés ; les bois sont soumis au séchage pendant environ une heure, et ensuite dans la solution à une pression de 8 atmosphères pendant environ deux heures.

9° **Conservation des bois ouvrés.** — On procède par applications de peintures grasses, minium, goudron, coaltar. Mais ces moyens ne sont qu'extérieurs et il importe que les ferments de destruction contenus dans le bois soient auparavant stérilisés par le séchage ou l'injection d'antiseptiques.

MÉTAUX

Les principaux métaux employés dans la construction sont : le fer, la fonte, l'acier, le cuivre, le plomb, l'étain, le zinc et des alliages divers.

DU FER

Le fer est très répandu dans la nature ; on le trouve, dans toutes les formations géologiques, combiné avec l'oxygène, le soufre, le nickel, etc.

Les principaux minerais employés sont :

Le *fer magnétique ;*

Le *fer oligiste,* ou peroxyde de fer ;

Le *fer oxydé rouge*, qui se subdivise en : hématite rouge, oxydé rouge compact, oxydé rouge ocreux ;

Le *fer hydraté*, hydraté brun ou hématite brune, hydraté compact, hydraté oolithique, hydraté granuleux, hydraté limoneux ;

Le *fer carbonaté* ou des houillières, spathique blanc, spathique brun, carbonaté lithoïde ;

Le *fer siliceux*.

Le minerai le plus propre à la production du fer est une combinaison d'oxygène avec du fer pur, c'est-à-dire un oxyde de fer ; il se trouve sous terre en couches, filons ou veines, ou disséminé dans des sables ou dépôts d'alluvions ; outre l'oxygène, il est souvent mêlé à des matières étrangères nommées gangues.

Les couches sont assez régulières et parallèles aux plans de stratification des terrains dans lesquelles elles se trouvent.

Une des plus anciennes méthodes de traitement du minerai consiste à jeter ensemble dans le foyer le minerai et le combustible : il se produit une masse compacte qui contient le fer et les gangues auxquelles le minerai est mélangé ; on martelle alors cette masse pour en expulser les matières inutiles. C'est la méthode dite catalane.

La production du fer en grand s'obtient dans les hauts fourneaux ; on ajoute au minerai du carbonate de chaux qui rend la gangue fusible, la haute température amène la combinaison du fer avec le carbone, ce qui donne la fonte.

Pour convertir cette fonte en fer, il faut lui enlever le carbone et la silice ; on procède alors à l'opération dite *affinage*, qui consiste à décarburer la fonte par la fusion et à la battre au martinet pour en chasser les scories.

Le *puddlage* diffère de l'*affinage* par la nature seule du combustible ; le four à affiner est chauffé au charbon de bois et le four à puddler chauffé à la houille.

Les fers obtenus au bois sont très supérieurs.

La pureté du métal se juge à la couleur, qui doit être gris clair. Sa cassure doit présenter des grains fins et serrés s'il est bon ; la cassure entremêlée de fibres et de facettes indique un affinage défectueux.

La qualité des fers dépend naturellement de celle des minerais impurs qui contiennent du soufre, du phosphore, du cuivre, du zinc, etc., donnent des fers de mauvaise qualité, fers cassants, de couleur, noirs cuivreux, etc.

Les principales qualités du fer sont : la ductilité, la malléabilité, le nerf, la force, etc.

Les défauts sont : la présence de corps étrangers, les pailles, l'oxydation, etc.

On compte plusieurs espèces de fers : le fer doux, le fer dur ou fer de roche, les fers cassant à froid, les fers métis, les fers

rouverains ou cassant à chaud, les fers aigres ou cassant à froid, les fers défectueux.

Fer doux. — Le plus pur, le plus ductile ; sa texture, grenue, devient fibreuse au cylindrage, souple à froid et à chaud ; il se brûle facilement à la forge.

Fer dur. — Par les substances qu'il renferme, il a de la force, mais aussi est fragile, et la silice qu'il contient lui donne une tendance à casser froid.

Fer fort. — Très résistant à tous les efforts.

Fer cassant à froid. — Il est souvent dur, sa fragilité est due à la présence du phosphore.

Fer métis. — Possède les qualités et défauts des fers doux et durs ; il contient souvent du soufre et même de l'arsenic.

Fer cassant à chaud ou fer rouverain. — Est doux, ductile et pliable à froid, ce qui est une qualité, mais ses arêtes se lèvent ; la cassure, souvent fibreuse, est foncée et semée de grains jaunâtres ; il se forge au rouge-blanc, éclate sous le martelage au rouge-cerise, enfin il est difficile à souder, peu résistant et très oxydable.

Fer aigre. —Qui casse à froid si on le plie ou si on le frappe, la cassure présente de petites facettes, il se soude bien, mais il est trop dur pour l'ajustage à la lime.

Fer défectueux. —Cette espèce comprend tous les fers mal affinés qui ont conservé des substances étrangères en assez grande quantité : cendres, soufre, crasses, etc.

Les défauts des fers provenant de la fabrication, en dehors de la qualité du métal, sont :

Les *pailles*, qui se soulèvent en forme d'écaille ;

Les *doublures*, endroits où le fer n'est pas soudé au corroyage ;

Les *criques gerçures*, ou fentes transversales, qui sont quelquefois invisibles à l'extérieur ;

Les *cendrures*, qui ne nuisent qu'au polissage.

Les pailles, doublures et criques peuvent déterminer la rupture des pièces.

La texture du fer est grenue, cristalline ou fibreuse ; grenue et cristalline, le fer est plus cassant ; la forme fibreuse est plus favorable et donne au métal une plus grande souplesse.

PRINCIPALES PROVENANCES DES FERS

Les fers les plus estimés sont ceux de la Franche-Comté. Le Berry, l'Allier donnent des fers très nerveux et très forts. L'Ariège, les Pyrénées, donnent aussi de bons fers.

Les départements de l'Est produisent des fers de qualités moyennes.

Les fers employés dans les travaux soignés sont ceux de Suède, à la fois doux et nerveux.

ÉPREUVES

Les épreuves se font à froid et à chaud ; à froid, on tranche légèrement le fer à éprouver, puis, en appuyant la pièce sur la carre de l'enclume, on fait tomber le bout en frappant toujours dans le même sens; si le fer est bon, la cassure doit présenter un aspect fibreux, une foule de filaments dont on voit l'allongement et qui prouvent que le fer est tenace et nerveux.

Si au contraire la cassure est à facettes et cristalline, le fer est cassant et mauvais.

La seconde épreuve, mixte, consiste à faire ployer le fer de 30° environ, à droite et à gauche, de la ligne de la barre, cela quatre ou cinq fois à froid et à chaud; le fer qui résiste, ne se gerce pas et reprend sa forme primitive, peut être considéré comme de bonne qualité. On ne doit pas s'étonner si pendant ces opérations il a subi un léger allongement.

Enfin l'épreuve à chaud, qui est une véritable mise en œuvre, se compose de trois opérations : la première, forger le fer en pointe aiguë ; la deuxième, le réduire au marteau en lame large de 6 millimètres environ d'épaisseur, et enfin de le percer près du bord, à chaud, sans qu'il se déchire.

DE LA GALVANISATION

Le défaut qu'a le fer de s'oxyder promptement a fait rechercher le meilleur procédé de protection ; les peintures au

minium de plomb, de fer, de goudron, de céruse, etc., ont amené à l'idée d'un étamage du fer.

Tous les métaux inaltérables à l'air et à l'eau peuvent être déposés sur le fer et la fonte.

La galvanisation est faite au zinc ; la pièce est d'abord *décapée* (opération qui consiste à la plonger dans un acide) ; l'oxyde de fer est dissous ; on sèche la pièce, puis on l'immerge dans le métal en fusion, d'où elle est retirée zinguée.

La galvanisation rend de grands services pour les travaux en fer exposés à l'air et à l'eau et a reçu déjà de nombreuses applications.

DE LA FONTE

La fonte ou fer cru est un composé de fer malléable et de carbone (qui entre dans sa composition pour environ 2 p. 100) contenant des matières vitreuses qu'on nomme *laitiers*.

La première fonte provenant du haut fourneau est très impure, fondue une deuxième fois, elle s'épure et prend le nom de *fonte de deuxième fusion*.

Les différentes fontes sont classées par couleurs. Ce sont : la fonte grise, la fonte blanche et la fonte truitée.

On emploie la fonte de *troisième fusion* pour les fontes d'ornement.

La *fonte douce*, appelée aussi *fonte grise*, a dans sa cassure une couleur gris-perle foncé, sa texture est belle et homogène ; elle est tenace, résistante, se travaille à la lime et au ciseau ; on peut la tourner et la becdaner. Elle possède des qualités de malléabilité qui permettent de la marteler légèrement pour lui donner l'aspect du fer forgé.

La *fonte blanche* a, comme son nom l'indique, une couleur claire ; sa cassure est lamelleuse, est très cassante et a presque la dureté de l'acier trempé ; elle est bonne pour être employée à la compression, en masses qui peuvent être utilisées sans main-d'œuvre de lime ou burin ; plus fusible que la fonte grise, elle est moins fluide et se prête peu à la fonte d'objets de faibles dimensions ou de formes délicates.

La *fonte truitée* est une combinaison de deux premières ; sa cassure est marquée de points gris et blancs. Suivant les proportions du mélange, elle a la qualité de la fonte blanche et de la fonte grise.

Nous avons parfois trouvé dans des pièces de fonte, dont la section présentait de grosses et de petites parties, les caractères

de couleur et de dureté observés dans la fonte truitée, l'homogénéité du mélange était incomplète, et, tandis qu'un côté de la pièce se comportait bien au travail de la lime, l'autre s'y refusait.

FONTE MALLÉABLE

La fonte malléable est une sorte de fer ; suivant la qualité de la fonte employée à sa fabrication, on obtient un métal aussi et plus malléable que les fers de qualité ordinaire.

Les pièces sont coulées en fonte ordinaire, puis exposées à une haute température prolongée, le métal se débarrasse de son carbone, au moins en grande partie, et la fonte, qui eût été très difficile à travailler avant sa décarburation, devient très douce à la lime, peut se dresser, se ployer, et présente toutes les qualités du fer.

La fonte malléable convient surtout aux petites pièces, qu'on peut facilement amener à être chauffées jusqu'à l'âme, à une température suffisante, sans aller jusqu'à la fusion, ce qui arriverait pour des pièces d'un gros volume. On comprend que pour de grosses pièces les surfaces entreraient en fusion avant que le centre soit arrivé à la température voulue. Nous reviendrons plus loin sur l'emploi de cette fonte.

DE L'ACIER

L'acier est l'intermédiaire entre le fer et la fonte. C'est un fer combiné avec du carbone et du silicium.

Le carbone entre dans la composition de l'acier pour 6 à 7 p. 1000 ; la quantité de silice est presque négligeable.

Contrairement au fer, qui pour être bon doit être nerveux, le bon acier doit avoir une cassure d'un grain très fin, égal et homogène.

Ce qui constitue la principale qualité de l'acier est la trempe, qui rend l'acier flexible, élastique, lui permet de se courber sous un effort et de reprendre ensuite sa forme primitive.

La trempe (nous reviendrons plus loin sur ce sujet) consiste à faire passer brusquement l'acier d'une haute température à une température très basse ; plus la différence est grande plus l'acier durcit.

Naturel, c'est-à-dire avant la trempe, l'acier est gris clair, prend un beau poli et est très brillant (on en faisait encore des

miroirs au XVI[e] siècle) ; exposé à l'action de la chaleur, l'acier poli prend diverses colorations ou légères oxydations superficielles ; passe du jaune gris, au jaune clair, au jaune orange, au brun, au pourpre, au bleu de Prusse, à l'indigo et au vert d'eau.

Pour distinguer le fer de l'acier, on touche ce dernier à l'acide nitrique ; il se produit une tache noire qui n'apparaît pas sur le fer si on l'attaque avec le même acide ; l'acier forgé se distingue aussi du fer par sa sonorité et son grain.

Les aciers sont classés en trois espèces, qui sont : l'acier naturel ou de forge, l'acier de cémentation et l'acier fondu.

L'*acier naturel* ou *acier de forge* s'obtient en dépouillant presque complètement la fonte du carbone qu'elle retient, mais cette seule opération ne suffit pas, l'acier est encore impur et présente peu d'homogénéité.

On le corrige par le corroyage qui, suivant sa perfection, lui donne les qualités nécessaires à tous les emplois ; il se soude bien, soit avec lui-même, soit avec le fer.

L'*acier de cémentation* s'obtient en exposant les barres de fer destinées à être transformées en acier, dans des caisses remplies de poussier de charbon, et en chauffant plusieurs jours à une haute température, le carbone s'introduit dans le fer, auquel il s'allie facilement.

La cassure de l'acier de cémentation est lamelleuse ; après la trempe elle est d'un grain très fin et très égal ; sa couleur est gris bleu. Comme pour l'acier naturel, le corroyage augmente l'homogénéité de l'acier ainsi obtenu qu'on peut encore rendre plus pur par une deuxième cémentation et un deuxième corroyage.

Nous avons dit pour la fonte malléable, qu'elle n'était pratique qu'en pièce de faibles dimensions ; nous en dirons autant pour l'acier de cémentation ; on comprend qu'à moins de soins particuliers, il arrive souvent que le carbone ne pénètre pas en égale quantité jusqu'au centre des pièces.

C'est pour régulariser la pénétration du carbone qu'on en est arrivé à fondre l'acier dans un creuset abrité du contact de l'air, de manière à assurer une saturation égale à toute la masse.

L'*acier fondu* est un des deux précédents, naturel ou de cémentation fondu au creuset comme nous l'avons dit, et forgé ensuite ; sa cassure est compacte, fine, homogène et d'un gris blanc.

Pour être forgé, il doit être chauffé au rouge cerise battu à petits coups ; il se soude très difficilement et seulement après avoir été forgé.

Il est principalement employé pour la coutellerie et les outils destinés à travailler les métaux.

On peut encore cémenter un fer forgé en le plongeant dans un bain de fonte pendant un certain laps de temps ; on le retire à l'état d'acier.

Un procédé plus pratique consiste à chauffer au rouge une barre de fer, puis la plonger dans un bain de poussier de charbon et la tremper de suite ; le fer ainsi traité devient semblable à l'acier.

EMPLOI DE L'ACIER DANS LES CONSTRUCTIONS

On devra donner la préférence à l'acier sur le fer dans deux cas :

1° Quand à volume égal on aura besoin d'une plus grande résistance et d'une usure plus lente ;

2° Quand on voudra obtenir une grande légèreté d'aspect sans rien perdre de la sécurité.

Nous prendrons comme point de comparaison deux barres de fer et acier éprouvées à la traction jusqu'à la rupture ; on aura d'après M. Morin, pour le fer par centimètre carré, 6 000 kilogrammes,

Et pour l'acier 10 000 kilogrammes.

Ce sont des maximums donnés par les premières qualités des deux métaux, mais les rapports sont constants, et on voit par la seule comparaison des chiffres le parti qu'on peut tirer de l'emploi de l'acier substitué au fer.

DE LA TREMPE

La trempe ordinaire consiste à faire passer l'acier d'une très haute température à une température très basse ; les intermédiaires donnent à l'acier des degrés de dureté différents ; on reconnaît la température par la couleur :

1° Le brun-rouge	=	408° Réaumur
2° Le rouge cerise	=	2 300 à 2 875
3° Rouge-blanc	=	4 600 à 5 110
4° La chaude suante	=	5 750 à 6 070

On peut ramener l'objet trempé à une dureté moindre en le

mettant en contact avec un fer rouge ; les variations de couleur indiquent le degré de dureté.

Les acides trempent plus dur que l'eau ; on trempe aussi dans les métaux. Une autre méthode consiste à mettre le fer dans un bain composé de bismuth, de plomb et d'étain, dont la proportion permet de connaître le degré de fusion ; on le retire quand l'alliage fond, et on le plonge dans l'eau.

On trempe aussi dans l'huile, dans la terre, dans les cendres, à l'air.

Le charbon de bois est le meilleur combustible à employer.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES FERS LAMINÉS DES FORGES DE FRANCE

Première classe.

Carrés, de 18 à 61 millimètres.
Ronds, de 21 à 68.
Plats, de 40 à 115 sur 9 et plus.
Plats, de 27 à 38 sur 11 et plus.

Deuxième classe.

Carrés de 12 à 17 millimètres.
Gros carrés, de 62 à 81.
Ronds, de 14 à 20.
Gros ronds, de 69 à 81.
Plats, de 40 à 115 sur 6 et 8 et plus.
Méplats, de 20 à 38 sur 8 et plus.
Gros plats de 120 à 162 sur 12 et plus.

Troisième classe.

Carrés, de 9 à 11 millimètres.
Gros carrés de 82 à 95.
Ronds, de 9 à 13.
Gros ronds, de 82 à 95.
Bandelettes, de 20 à 36 sur 4 1/2 et plus.
Aplatis, de 40 à 115 sur 4 1/2 et plus.
Plats, de 120 à 162 sur 7 à 11.
Plate-bande demi-ronde, de 27 à 40 sur 7 et plus.

Quatrième classe.

Carrés, de 6 à 8 millimètres.
Gros carrés, de 96 à 108.
Ronds, de 6 à 8.
Gros ronds, de 96 à 108.

Bandelettes, de 14 à 18 sur 4 1/2 et plus.
Aplatis, de 18 à 108 sur 3 1/2 et plus.
Plate-bande demi-ronde, de 16 à 25 sur 7 et plus.

Tout fer de longueur fixe subit une augmentation de 2 francs.

Tout fer de moins de 9 millimètres d'épaisseur, et de plus de 6 mètres de longueur, est payé une classe en plus, soit 2 francs.

Les fers ronds de tréfilerie de 5 à 6 millimètres sont payés une demi-classe en plus.

Sont hors classe, avec différence au moins d'une classe : les fers à vitrage, cornières, fer en T et en double T ; demi-feuillards et feuillards ; ronds au-dessous de 3 millimètres.

Le cuivre est un métal d'un beau rouge brillant, d'une très grande ductibilité et malléable à chaud et à froid. Grâce à ces qualités, il peut être réduit en fils très déliés ou étalé en feuilles d'une grande ténuité. A l'air humide, le cuivre s'oxyde et se couvre d'une couche verte d'hydrate de carbonate de cuivre qu'on appelle vulgairement *vert-de-gris*. Le cuivre fond de 1 020 à 1 200 degrés ; écroui, il acquiert une grande souplesse en même temps qu'il devient plus résistant.

Le cuivre allié au zinc donne l'alliage appelé *laiton;* combiné avec l'étain, il donne le *bronze* qui sert à faire des canons et des cloches.

Le poids est de $8^{kg},590$ à $9^{kg},900$ pour le cuivre fondu, et de $8^{kg},780$ à 9 kilogrammes pour celui martelé ou en fil.

Le plomb est gris bleuâtre, très mou, brillant quand on le coupe mais qui ternit promptement en s'oxydant à l'air. Cette patine n'est jamais que superficielle et devient ainsi une protection. Le plomb peut être laminé en feuilles très minces ou étiré à la filière ; il entre en fusion à une température de 320 à 334°.

Le plomb est employé en feuilles pour couverture de toits ; en tuyaux pour conduites d'eau ou de gaz ; pour les scellements, il est alors coulé en fusion et maté ensuite pour qu'il remplisse bien le vide. Le plomb sert à la fabrication de la céruse et de la litharge ; allié à l'étain, il donne la soudure qu'emploient les plombiers.

Sa densité est de 11,352.

L'étain est un métal d'un blanc d'argent, d'un éclat vif, il ressemble au zinc mais il en diffère par le cri, très caracté-

ristique, qu'il fait entendre quand on le plie. Il est peu tenace, mais très ductile, très malléable ; il se réduit en feuilles très minces sous le laminoir ou le marteau. L'étain entre en fusion à 228°, et, à l'état de pureté, sa pesanteur spécifique est de 7,290.

L'étain sert à étamer le fer, — le fer-blanc doit son aspect d'argent à l'étain, — pour la fabrication du bronze, de la soudure du zinc et du plomb. Amalgamé avec le mercure, ce métal forme le *tain* des glaces.

Le zinc a été longtemps confondu avec l'étain, dit M. Baudson, jusqu'au XVIe siècle on l'a appelé *métal des Indes*, du nom du pays qui le fournissait. C'est un métal blanc bleuâtre qui s'extrait d'une pierre appelée *calamine* où il est mêlé avec de l'acide carbonique et de l'eau ou bien d'un minerai nommé *blende* où il est combiné avec une certaine quantité de soufre.

Cassant à la température ordinaire, il devient malléable un peu au-dessus de 100° et redevient cassant à 200° au point de pouvoir être pulvérisé sous le pilon. Il entre en fusion à une température de 360° et en ébullition à la chaleur blanche. De texture cristalline et lamelleuse, il est plus dur, plus solide et moins ductible que l'étain ; il n'est pas aussi bon conducteur du calorique que le cuivre, il est beaucoup plus fusible, il s'étend, s'aplatit à froid, mais se gerce sous le choc du marteau et se lamine en feuilles minces ; il s'écrouit alors mais par le recuit il redevient et reste doux, flexible et malléable.

Le zinc du commerce n'est pas pur : il contient toujours quelques autres substances entre autres du fer, de l'arsenic, du plomb et de l'étain. Sa densité varie de 6,861 à 7,191. Sa légèreté, sa durée et son bas prix font qu'on l'emploie quand on ne craint pas de perdre l'éclat métallique. »

CHAPITRE XVII

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Généralités. — Efforts divers. — Résumé des calculs.

Pierres. — Expériences d'écrasement, poids spécifiques et charges de sécurité.

Maçonneries. — Poids et charges de sécurité.

Bois. — Travail à la compression et à la traction. — Tableaux divers. — Travail à la flexion. — Formules. — Calculs. — Tableau des charges de sécurité que peuvent porter différents échantillons. — Flexion des pièces obliques. — Encastrement.

Fers. — Tableau des résistances pour tous les efforts. — Résistance à la traction. — Résistance à la compression. — Tableau des efforts de traction. — Tableau des efforts de compression. — Charges des colonnes pleines. — Charges des colonnes creuses. — Résistance au cisaillement. — Résistance à la flexion. — Calculs. — Tableau des forces des fers double T. — Résistance des poutres composées. — Tableaux pour poutrelles et poutres. — Tableau des résistances des fers carrés et rectangulaires. — Tableau des résistances des fers ronds. — Tableau des résistances des fers à simple T. — Tableau des résistances des fers cornières.

Statique graphique.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Les corps solides, employés comme matériaux dans les diverses constructions, ont tous une constitution moléculaire, que les efforts auxquels on les soumet tendent à altérer.

Les matériaux sont plus ou moins tenaces, et on compare leurs différentes résistances par la quantité de force nécessaire pour les rompre.

Les corps sont susceptibles d'une élasticité qui représente un changement dans la composition des molécules qui les composent.

Suivant leur nature, les matériaux sont propres à subir des efforts différents, qui sont :

1° La *force tirante*, ou travail à la traction, à l'extension ;
2° La *force transverse*, ou travail au cisaillement ;
3° La *force ployante*, ou travail à la flexion ;
4° La *force portante*, ou travail à la compression, à l'écrasement.

Les matériaux propres au travail à la traction sont : l'acier, le fer, le cuivre, le bois, etc.

Ceux pouvant être employés à la flexion et au cisaillement : l'acier, le fer, le bois et même la pierre, etc.

Tous les matériaux sont propres au travail à la compression dans des proportions différentes.

RÉSUMÉ DES CALCULS DE RÉSISTANCE

PIÈCES, POUTRES, CHARPENTES, ETC.

Le calcul de la résistance des diverses parties d'une construction ou d'une machine, soumises à des efforts extérieurs ou intérieurs, est une des parties les plus délicates et les plus importantes de la science de l'ingénieur.

La difficulté d'arriver, dans certains cas, à des résultats absolument certains, tient d'une part à ce que ce genre de calculs est toujours basé sur des expériences empiriques plus ou moins exactes, et d'autre part, à ce que, pour appliquer ces résultats aux formes compliquées de la construction, il faut faire des hypothèses, des simplifications des assimilations plus ou moins conformes aux faits réels et naturels, concernant le jeu des éléments de la construction et leur mode de déformation ou de rupture.

Très souvent la matière à employer n'est pas de la même provenance ou de la même qualité que celle soumise aux expériences, et, dans la théorie, tel auteur admettra que la rupture des pièces a lieu d'une façon, et tel autre d'une autre : c'est-à-dire que l'on diffère d'avis sur la position des points les plus faibles, et sur la direction variable des réactions intérieures ou extérieures ; cela dépend en effet essentiellement des modes d'assemblage et du système de la construction, du nombre et de l'espacement des rivets, qui peuvent *être bien ou mal faits*, etc., etc.

Quoi qu'il en soit, à notre avis, ce qu'il y a de mieux à faire dans tous les genres de constructions possibles, c'est d'abord

de rechercher et au besoin de visiter et étudier des modèles ou précédents analogues déjà exécutés, — de s'en inspirer, d'une manière générale, quant aux proportions à donner à l'ouvrage dont on s'occupe — en faisant une sorte de *quatrième proportionnelle* pour les principaux éléments.

Ce premier croquis jeté sur le papier, on le soumettra au calcul, *postérieurement*.

Le calcul ne doit servir qu'à vérifier si l'on s'est trompé d'instinct ou non — c'est-à-dire si l'on est au-dessus ou au-dessous des limites des coefficients de pression imposés par les cahiers des charges, ou par les usages et règles de l'art.

Fig. 1522. — Résistance d'un prisme, a la traction ou compression dans le sens de son axe

Le cas le plus simple est celui d'un prisme (pilier, colonne, ou rumeau de mur) soumis à la compression verticale d'un

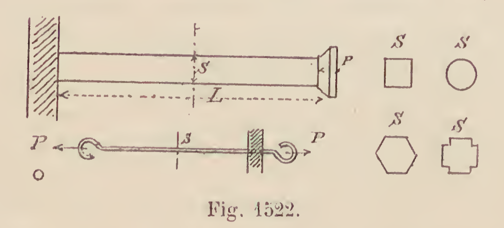


Fig. 1522.

charge P, ou d'une tige sollicitée par une traction dans le sens de sa longueur.

L'expérience a démontré que si l'on reste au-dessous des limites de charge où il y a rupture ou déformation permanente, les allongements ou tassements des pièces sont directement proportionnels aux charges supportées par unité de surface de leur section et proportionnels aussi à leur longueur totale.

On peut traduire cette observation par la formule suivante, soit :

L la longueur primitive du prisme ;

S sa section transversale (en millimètres carrés) ;

P la force totale agissant sur l'une des bases ;

x l'allongement total, ou raccourcissement ;

i l'allongement par unité de longueur $= \frac{x}{L}$;

R la pression ou tension par unité de surface $= \frac{P}{S}$;

E un coefficient d'élasticité variable suivant les corps, on aura :

$$x = Li \quad R = Ei = E\frac{x}{L}$$

Et la proportionnalité à la charge totale donnera :

$$P = RS = \frac{ES}{L}x$$

Mais dans la pratique des travaux on n'a pas à s'occuper de l'allongement x.

Il s'agit seulement de faire en sorte que la section S du pilier ou de la tige soit telle qu'en la chargeant d'un poids P, on ne dépasse pas par millimètre carré de section, une charge déterminée, appelée charge de *sécurité.*

On admet que cette charge varie du quart au sixième de la charge de rupture donnée par l'expérience. Exemple : Pour le fer ordinaire qui se rompt à 40 kilos par millimètre carré, il suffira que l'on ait :

$$\frac{P}{S} < 6^k \quad \frac{P}{S} < 10^k \quad \frac{P}{S} < 12^k$$

suivant le coefficient de sécurité imposé. Dans les charpentes qui ne sont pas soumises à des chocs, comme les ponts et les planchers, on peut aller jusqu'à 12 kilos au besoin, si le fer est bon.

Fig. 1523. — Résistance d'une pièce encastrée a un bout, et chargée a l'autre bout d'un poids P

Pour que la pièce soit en équilibre, il faut que le moment de

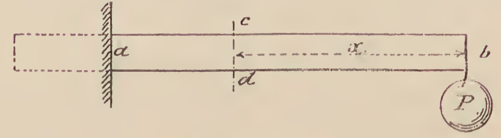


Fig. 1523.

résistance de la pièce à la flexion, c'est-à-dire la somme des moments de résistance de toutes les fibres par rapport à la ligne

des fibres invariables ou ligne neutre, soit égal au moment de la force P, pris par rapport à la section de l'encastrement.

Pour qu'elle ne se déforme pas et qu'elle ne se brise pas, il faut que ce moment de la force P soit inférieur à celui qui résulterait, dans la section la plus faible, d'une tension limite déterminée, qu'on se fixe d'avance, comme 6, 10, 12 kilogrammes, par exemple.

En appelant :

L la longueur totale, prise de l'encastrement au point d'action P, c'est-à-dire, le bras de levier de la force P ;

PL sera le moment fléchissant ;

$\frac{RI}{n}$ sera le moment de résistance de la pièce, dans lequel

R est la plus grande résistance à la traction ou compression imposée à la pièce, sous l'action de P ;

I *le moment d'inertie* de la section à l'encastrement. Ce moment est pris par rapport à la ligne des fibres neutres ou invariables.

Il est égal à $\int v^2\, d\,\omega$, c'est-à-dire à la somme intégrale des produits des divers éléments différentiels $d\,\omega$ qui composent la section de rupture, multipliée par le carré de la distance variable v de chaque élément à la ligne des fibres neutres.

n est la distance maximum de la ligne des fibres neutres (qui passe par le centre de gravité de la section dans les pièces homogènes) au point de la section d'encastrement qui en est le plus éloigné.

On aura aussi l'équation $PL = \frac{RI}{n}$

Et si la section est symétrique par rapport à l'axe des fibres neutres, on aura, en appelant

h la hauteur de la pièce

$$n = \frac{h}{2} \quad PL = \frac{2\,RI}{h}$$

Fig. 1524. — Si, au lieu d'un poids unique appliqué à l'extré-

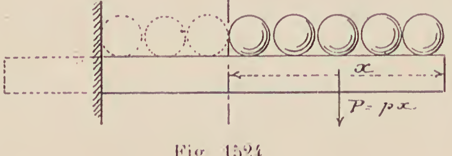


Fig. 1524.

mité, la pièce est *uniformément chargée* dans toute sa lon-

gueur, par une série de poids élémentaires p (par unité de longueur), on aura :

$$pL \times \frac{L}{2} = \frac{RI}{n}$$

Fig. 1525. — Pièce reposant sur deux appuis, ses extrémités libres et chargée d'un poids P en son milieu

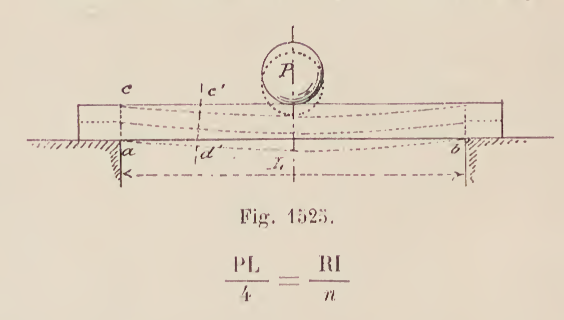


Fig. 1525.

$$\frac{PL}{4} = \frac{RI}{n}$$

Fig. 1526. — Pièce reposant sur deux appuis, avec charge uniformément répartie sur toute sa longueur



Fig. 1526.

$$\frac{PL}{8} = \frac{RI}{n} \text{ ou } \frac{pL^2}{8} = \frac{RI}{n}$$

Fig. 1527. — Dans le cas où la pièce serait chargée d'un

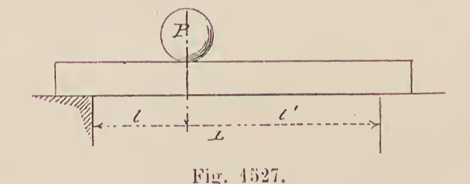


Fig. 1527.

poids P en un point l de sa longueur, on aurait

$$l + l' = L \frac{P\,ll'}{L} = \frac{RI}{n}$$

CALCUL DES MOMENTS D'INERTIE

Comme il a été dit plus haut, le moment d'inertie d'une pièce ou d'une section, par rapport à la ligne des fibres neutres, est la somme intégrale des produits des divers éléments de surface $d\omega$ par le carré de la distance variable v de chaque élément à la ligne d'axe.

Voici les formules qui donnent ces moments pour les diverses formes de section que l'on rencontre le plus généralement :

Fig. 1528. — SECTION RECTANGLE : hauteur h, base b. On aura, par rapport à l'axe neutre :

$$I = \frac{1}{12} bh^3 \text{ ou } I = \frac{bh^3}{12} \text{ et } \frac{I}{n} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{1/2 \text{ de } h.}$$

Fig. 1528. Fig. 1529.

Fig. 1529. — RECTANGLE CREUX : h et h' hauteurs intérieure et extérieure, b et b' bases correspondantes : on aura par différence :

$$I = \frac{1}{12} \left(bh^3 - b'h'^3\right)$$

Fig. 1530. — FER DOUBLE T, ou fontes. $I = \frac{1}{12} \left(bh^3 - b'h'^3\right)$

Fig. 1531. — CROIX SYMÉTRIQUE. $I = \frac{1}{12} \left[bh^3 + (b' - b)h'^3\right]$

Fig. 1532. — POUTRE DE PONT A PROFIL DOUBLE T, composée de

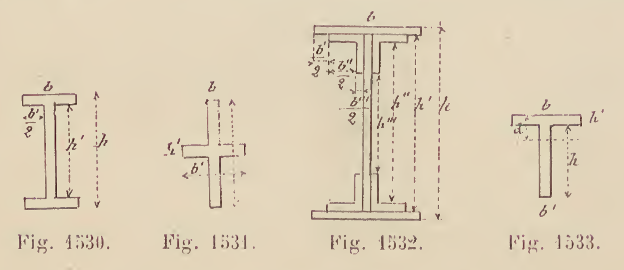


Fig. 1530. Fig. 1531. Fig. 1532. Fig. 1533.

nervures en fer méplats d'une âme en tôle pleine et de cornières d'assemblage.

On aura

$$n = \frac{h}{2}; \ I = \frac{1}{12} \left[bh^3 - (b'h'^3 + b''h''^3 + b'''h'''^3)\right]$$

$$PL = \frac{1}{6}\,\frac{R}{h}\left(bh^3 - b'h'^3 - b''h''^3 - b'''h'''^3\right)$$

$$\frac{PL^3}{3} = \frac{1}{12}\,Ef\left(bh^3 - b'h'^3 - b''h''^3 - b'''h'''^3\right)$$

Et la flèche

$$f = \frac{4\,PL^3}{E\,(bh^3 - b'h^3 - b''h''^3 - b'''h'''^3)}$$

Fig. 1533. — Fer a T simple. — En appelant n la distance entre le centre de gravité ou axe neutre de la section et l'horizontale supérieure du T, et si l'on prend le moment d'inertie par rapport à la ligne neutre.

On a

$$n = \frac{1}{2}\,\frac{bh'^2 - b'h'^2 + b'h^2}{b'h' - b'h' + b'h}$$

$$I = \frac{1}{3}\left[bn^3 - (b - b')\,(n - h')^3 + b'\,(h - n)^3\right]$$

$$PL = \frac{R}{3} \times \frac{bn^3 - (b - b')\,(n - h')^3 + b'\,(h - n)^3}{h - n}$$

$$\frac{PL^3}{3} = EIf;\ \text{donc}\ f = \frac{PL^3}{E\,[bn^3 - (b - b')\,(n - h') + b'\,(h - n^3)]}$$

Fig. 1534. — Fers cornières. — Pour calculer la résistance des fers d'angle, on admet qu'ils équivalent à des fers à T simple dont les deux éléments (âme et nervure) seraient des mêmes dimensions. Cette hypothèse n'est pas absolument juste, car il y a dans les cornières un effet de porte à faux, ou de torsion, dont le calcul ne tient pas compte. Mais comme les fers cornières sont en général, à cause de leur plus grande facilité de laminage, de *meilleure qualité*, c'est-à-dire plus homogènes de grain que les fers à T, cela fait pratiquement compensation.

Fig. 1534.

Fig. 1535. — Fers en U. — Les fers en U, ou doubles cornières, se sont beaucoup répandus dans le commerce et dans la construction, et rendent de grands services par les facilités d'assemblage qu'ils présentent dans certains cas spéciaux. On les assimile dans le calcul aux fers double T : seulement, ici, la qualité serait plutôt un peu moins bonne, car le laminage des fers doule T est en réalité bien plus facile que celui des fers en U.

Fig. 1535.

Quoi qu'il en soit, dans les limites de $\frac{1}{6}$ ou de $\frac{1}{4}$ de la charge de rupture, on peut toujours admettre les formules comme suffisamment exactes pour une vérification : l'écart entre la résistance rigoureusement vraie et celle donnée par la formule ne serait jamais que de moins d'un cinquième ou d'un sixième de sa valeur même.

Fig. 1536. — Fers en T (à nervure centrale).

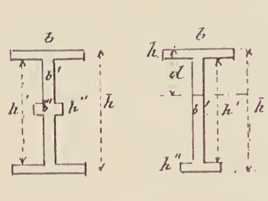


Fig. 1536. Fig. 1537.

$$I = \frac{1}{12} bh^3 - \left[b''h''^3 + b' (h'^3 - h''^3) \right]$$

Fig. 1537. — Fers double T a nervures inégales. — En appelant d la distance verticale de l'axe neutre, au plat supérieur de la section, le moment d'inertie par rapport à l'axe neutre sera donné par la formule

$$I = \frac{1}{3} \left\{ b \left[d^3 - (d-h)^3 \right] + b' \left[(d-h)^3 + (h+h'-d)^3 \right] \right.$$
$$\left. + b'' \left[(h+h'+h''-d)^3 - (h+h'-d)^3 \right] \right\}$$

Dans la pratique, on se sert rarement de ces formules assez compliquées : on remplace les parties des sections dont les formes sont trop difficiles à calculer, par des rectangles équivalents, et l'on rentre dans le cas ordinaire de l'équation des moments.

Fig. 1538. — Section en losange. — Si b est la plus grande largeur horizontale, soit à l'axe neutre, et h la demi-hauteur totale, on a $n = h$ et $I = \frac{bh^3}{6}$

Fig. 1538.

Les formules générales deviennent alors :

$$PL = \frac{Rbh^2}{6}$$

$$\frac{PL^3}{3} = \frac{Ebh^3f}{6}$$

$$f = \frac{2PL^3}{Ebh^3}$$

Dans le carré parfait, fléhissant par sa diagonale verticale, on aurait $b = \frac{2c}{\sqrt{2}}$ et $h = \frac{c}{\sqrt{2}}$; donc alors :

$$\mathrm{PL} = \frac{\mathrm{R}c^3}{6\sqrt{2}} ; \frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\mathrm{E}c^4 f}{12} ; f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{\mathrm{E}c^4}$$

Fig. 1539. — Section triangulaire. $\mathrm{PL} = \frac{\mathrm{R}bh^2}{12}$.

$$\frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\mathrm{E}bh^3 f}{12} \text{ et } f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{\mathrm{E}bh^2}$$

De telle sorte que l'on trouve la valeur de PL moitié de ce qu'elle est dans le losange entier et la valeur de f, c'est-à-dire de la flèche, double. La résistance est, en effet, moitié moindre pour les mêmes éléments b et h.

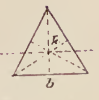


Fig. 1539.

Fig. 1540. — Cercle plein, de rayon R.

On a, dans ce cas,

$$n = \mathrm{R} \text{ et } \mathrm{I} = \frac{\pi \mathrm{R}^4}{4}$$

$$\mathrm{PL} = \frac{\mathrm{R}\pi\mathrm{R}^3}{4} ; \frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\pi \mathrm{ER}^4 f}{4} ; f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{3\pi \mathrm{ER}^4}$$

En comparant cette formule à celle du carré (fig. 1538), avec $= h$ on voit que la résistance du cercle est à celle du carré de même diamètre circonscrit, comme $\frac{3\pi}{16}$: 1.

Fig. 1540.

Fig. 1541. — Cylindre creux. — Rayon extérieur R, rayon intérieur r.

$$n = \mathrm{R} ; \mathrm{I} = \frac{\pi}{4}\left(\mathrm{R}^4 - r^4\right) ; \frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\pi \mathrm{E} f}{4}\left(\mathrm{R}^4 - r^4\right)$$

$$f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{3\pi\, \mathrm{E}\,(\mathrm{R}^4 - r^4)}$$

Fig. 1541.

On voit que si $r = 0$, on retrouve simplement la formule du cylindre plein.

Fig. 1542. — Demi-cercle. — Si le rayon du demi-cercle est R, on a $\mathrm{I} = 11\ \mathrm{R}^4$.

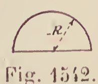


Fig. 1542.

$$bh^2 = 38\ \mathrm{R}^3.$$

Fig. 1543. — Ellipse, à section verticale, grand axe a, petit axe b :

Fig. 1543.

$$\frac{a}{2} = n\,;\ \mathrm{I} = \frac{\pi}{4}\,\frac{b}{2}\,\frac{a^3}{2}$$

$$\frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\pi \mathrm{E}\,\frac{b}{2}\,\frac{a^3}{2}\,f}{4}\,;\ f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{3\pi\,\mathrm{E}\,\frac{b}{2}\,\frac{a^3}{2}}$$

Si $a = b$, on retrouve les formules du cercle plein.

Fig. 1544. — Section elliptique creuse.

Soient $2a$ et $2b$, les $\frac{1}{2}$ axes de l'ellipse extérieure et $2a'$ et $2b'$ les axes intérieurs, on aura :

$$n = a\,;\ \mathrm{I} = \frac{\pi}{4}\left(ba^3 - b'a'^3\right)$$

$$\frac{\mathrm{PL}^3}{3} = \frac{\pi \mathrm{E}f}{4}\left(ba^3 - b'a'^3\right) \text{ et } f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{3\pi\mathrm{E}\,(ba^3 - b'a'^3)}$$

Fig. 1544.

Dans le cas où les deux ellipses sont semblables, c'est-à-dire si l'on a la relation $a' = ma$ et $b' = mb$, les formules ci-dessus se simplifient et deviennent :

$$\mathrm{PL} = \frac{\mathrm{R}\pi}{4}\,ba^3\left(\mathrm{I} - m^4\right) \text{ et } f = \frac{4\mathrm{PL}^3}{3\pi\,\mathrm{E}\,ba^3\,(\mathrm{I} - m^4)}$$

L'expérience a démontré que, pour des surfaces et hauteurs égales, c'est-à-dire des sections équivalentes, plus on diminue l'épaisseur du fer à l'âme en augmentant la largeur des ailes, plus la valeur de $\frac{\mathrm{I}}{n}$ devient grande.

Nous prendrons comme point de comparaison le fer plat et le fer à double T.

Premier exemple. — Fer plat de 0,010 × 0,200

$$\text{Surface} = 0{,}010 \times 0{,}200 = 0{,}002,\ \frac{\mathrm{I}}{n} = \frac{\frac{0{,}01 \times 0{,}20^3}{12}}{0{,}10} = 0{,}0000\,6666$$

Deuxième exemple. — Fer I dont $b = 0{,}033$, $h = 0{,}200$, $h' = 0{,}184$ et dont l'épaisseur d'âme est 0,008.

$$\text{Surface} = 0{,}184 \times 0{,}008 + (2 \times 0{,}033 \times 0{,}008) = 0{,}002.$$

$$\frac{\mathrm{I}}{n} = \frac{\frac{0{,}034 \times 0{,}02^3 - (0{,}025 \times 0{,}184^3)}{12}}{0{,}10} = 0{,}00009022$$

Troisième exemple. — Fer I dont $b = 0{,}079$, $h = 0{,}200$, $h' = 0{,}184$ et dont l'épaisseur d'âme est de 0,004.

$$\text{Surface} = 0{,}184 \times 0{,}004 + (2 \times 0{,}079 \times 0{,}008) = 0{,}002.$$

$$\frac{I}{n} = \frac{\dfrac{0{,}079 \times 0{,}02^3 - (0{,}075 \times 0{,}184^3)}{12}}{0{,}10} = 0{,}00013734$$

On voit que la valeur de $\frac{I}{n}$ augmente au fur et à mesure que, tout en ne dépensant que le même poids de métal, on reporte sur les ailes une plus grande portion de l'âme, qu'on a donc ainsi une résistance plus considérable.

Et cela se comprend facilement, si l'on considère que, dans une pièce fléchie, la ligne d'axe n'a pas changé de longueur, tandis que celle supérieure a été comprimée et celle inférieure allongée ; il est donc raisonnable de dire que si la fibre neutre ne travaille pas, celles qui l'avoisinent au-dessus et au-dessous n'ont qu'un travail progressif au fur et à mesure qu'elles en sont plus éloignées.

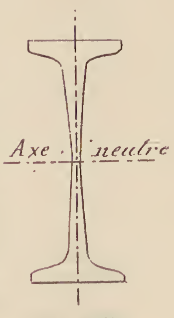


Fig. 1545.

Aussi la meilleure forme à donner à un fer I consiste-t-elle à diminuer l'épaisseur du fer sur la ligne neutre en augmentant graduellement jusqu'aux ailes, forme que nous exagérons dans notre croquis (fig. 1545).

Résistance des pierres. — Dans le programme que nous nous sommes tracé pour cet ouvrage nous ne dépassons guère la somme de connaissances indispensables pour permettre d'élever un bâtiment, une maison. Nous n'aurons donc à considérer ici que les efforts d'écrasement résultant du poids supporté, sans tenir compte d'autres efforts, qui, étant donné la masse composant un bâtiment, se trouvent pour ainsi dire négligeables dans la pratique.

Nous n'avons donc à nous préoccuper que de deux choses : la résistance de la pierre ramenée à une unité de surface et le poids que, la construction terminée, devra porter cette unité de surface.

On comprend que dès lors, nous n'avons à donner ici que des résultats d'expériences suivant diverses natures de pierres, et que le constructeur pourra facilement en divisant par un certain nombre de tranches ou zones, employer des pierres dures

pour les assises inférieures, pour arriver à la pierre tendre au sommet, où plus aucun effort n'est réclamé.

Donc, pour la première zone sur le sol, le constructeur comptera la charge totale (permanente et accidentelle) : pour la seconde il comptera tout, moins la première tranche qui se trouve dessous ; pour la troisième zone il comptera aussi le poids total diminué des deux premières tranches, etc., etc.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE SUR LA RÉSISTANCE DE QUELQUES ÉCHANTILLONS DE PIERRES ET DE BRIQUES

(d'après M. T. Seyrig).

DÉSIGNATION DES PIERRES	DENSITÉS	CHARGES produisant l'écrasement par centimètre carré.	CHARGES de sécurité par centimètre carré.
Basalte d'Auvergne.	2780 à 3200	2000k	200k
Lave dure du Vésuve	1700 à 2800	590	59
Lave tendre de Naples	»	160	16
Porphyre granitoïde brun de Bazoche (Nièvre).	»	1487	148
Porphyre vert de Ternuay (Haute-Saône).	»	1110	111
Porphyre granitoïde rouge d'Autun	»	1080	108
Granit vert des Vosges.	2600 à 3000	620	62
— micacé de Lormes (Nièvre).		1077	107
— gris de Bretagne.		650	65
— porphyroïde de Servance (Haute-Saône).		715	71
— gris des Vosges		420	42
Gneiss.	2360 à 2710	900	90
Grès très dur, blanc ou roussâtre.	»	870	87
— bigarré de Lutzelbourg (Meurthe)	»	215	21
Grès tendre (ne s'emploie pas en construction)	»	4	0 4
Pierre grise de Florence (argileuse à grain fin)	»	420	42
Marbre violacé de Sampans (Jura)	2610	994	99
— Campan vert.	2742	»	»
— de Carrare	2717	»	»
— de Paros.	2838	»	»
— noir de Flandre.	2520 à 2750	790	79
— blanc veiné.		310	31
Roche coquilleuse de Châtillon (Seine).	1969 à 2309	170	17
— douce de Bagneux (Seine).	2210	130	13
— d'Arcueil.	1602 à 2067	250	25
Lambourde et Vergelé de Paris.	»	60	6

DÉSIGNATION DES PIERRES	DENSITÉS	CHARGES produisant l'écrasement par centimètre carré.	CHARGES de sécurité par centimètre carré.
Lambourde de qualité inférieure.	»	20	2
Calcaire dur de Givry, près Paris.	»	310	31
— tendre de Givry, près Paris.	»	120	12
— du Jura	2637	600	60
Pierre de Damparis (Jura) . . .	2593	671	67
Calcaire de Tonnerre (Yonne) .	1796	100	10
— oolithique de Metz. . .	»	120	12
— sablonneux	»	94	9
Tuffeau de Saumur.	1237	45	4 5
Brique dure très cuite (Bourgogne)	1550	150	15
— rouge.	1460	60	6
— rouge pâle.	1000 à 1500	40	4
— vitrifiée		100	10
— anglaise ou flamande tendre.	»	18	1 8
— crue.	»	32	3 2
Plâtre gâché à l'eau	»	50	5
— — au lait de chaux .	»	73	7
— — ferme.	»	90	9
— — moins ferme . . .	»	42	4
Mortier ordinaire de chaux et de sable	1856 à 2142	35	3 5
— de ciment ou tuileaux pilés.	1656 à 1713	48	4 8
— de grès pilé.	»	29	2 9
— de pouzzolane	»	37	3 7
— de chaux grasse et sable, âgé de 14 ans	1856 à 2142	19	1 9
— hydraulique ordinaire . .	»	74	7 4
— éminemment hydraulique.	»	144	14
Béton de bon mortier de 18 mois.	»	40	4
Enduit d'une conserve antique près de Rome	»	76	7
Enduit en ciment des démolitions de la Bastille.	»	55	5 5
Ardoises.	2640 à 2900	»	»
Schistes.	2740 à 2880	»	»

PIERRES LES PLUS USUELLES EN FRANCE

(d'après T. Seyrig).

		kilog.	
Trachyte de la Pradette et de Monatte (Haute-Loire)	2600	880	88[k]
Granit des Vosges	2675 à 2740	710 à 855	71
— de Servance (Haute-Saône).	2650 à 2685	900 à 980	90
— de Landisacq (Orne). . . .	2750	1020	100
— d'Alençon (Orne)	2585	820	82
— de la Mayenne.	2725	1145	114
— de Fermanville (Manche) .	2634 à 2694	645 à 750	64
— de Diélette (Manche). . . .	2700 à 2760	945 à 1010	94
— des Iles Chausey (Manche).	2745	875	87
Lave de Volvic (Puy-de-Dôme) .	2000 à 2300	300 à 400	30

DÉSIGNATION DES PIERRES	DENSITÉS	CHARGES produisant l'écrasement par centimètre carré.	CHARGES de sécurité par centimètre carré.
		kilog.	
Grès de Domfront (Orne). . . .	2630	1900	190k
— de Pouvrai (Orne)	2540 à 2560	985 à 1050	98
— bigarré de Châtillon-sur-Saône (Vosges) . . .	2050	290	29
— — de Luxeuil (Hte Saône).	2050 à 2070	250 à 290	25
— vosgien de St-Dié (Vosges) .	2140	360	36
— de Coulandon (Allier) . . .	1900 à 1960	65 à 90	6 5
Roche de Poissy (Seine-et-Oise).	1900 à 2300	120 à 380	12
— de Saint-Maximin (Oise) . .	2100 à 2300	100 à 500	10
— de Pargny (Aisne)	1900 à 1950	180 à 230	18
— de Saint-Nom (S.-et-Oise). .	2200 à 2300	350 à 500	35
— de Laversine (Aisne). . . .	2300 à 2350	300 à 450	30
Pierre d'Euville (Meuse)	2200 à 2430	270 à 430	27
— de Léronville (Meuse) . . .	2290 à 2370	250 à 300	25
— de Dôle (Jura).	2180 à 2280	300 à 355	30
— de Darisamp (Jura)	2590 à 2680	755 à 870	75
— de Villebois (Ain)	2640 à 2720	820 à 990	82
— d'Autoyer (Savoie)	2710	1080	100
— de l'Echaillon (Isère). . . .	2450 à 2530	580 à 780	58
— de Cassis (Bouch.-du-Rhône).	2730	1100	110
— de la Turbie (Alp.-Maritimes).	2680 à 2700	1135 à 1175	113
— de Bruniquel (Tarn-et-Garonne	2400 à 2500	750 à 900	75
— de Sampans (Tarn-et-Garonne	2630 à 2870	815 à 920	81
— de Château-Gaillard (Vienne).	2070	225	22
— de Brétigny (Vienne). . . .	1702	290	29
— d'Angoulême (Charente) . .	1800 à 1850	60 à 80	6
— de Comblanchien Côte-d'Or).	2680 à 2720	900 à 1040	90
— de Puits (Côte-d'Or).	2160 à 2230	420 à 460	42
— de Ravières (Yonne)	2200 à 2240	280 à 330	28
— d'Anstrude (Yonne)	2160 à 2250	325 à 420	32
— de Courson (Yonne)	1920	85	8
— de Souppes (Seine-et-Marne).	2500 à 2600	400 à 600	40
— de Méry (Seine-et-Oise). . .	1700 à 1800	90 à 130	9
— de Parmain (Seine-et-Oise).	1600 à 1750	45 à 70	4 5
— de Conflans (Seine-et-Oise).	1650 à 1800	70 à 100	7
— du Haut-Blanc (Nord). . . .	2700 à 2740	1000 à 1090	100
Liais de Bagneux (Seine). . . .	2400 à 2500	400 à 500	40
— de Senlis (Oise)	2250 à 2380	250 à 350	25
— des Brosses-Ravières (Yonne).	2110 à 2150	260 à 300	26
— de Tonnerre (Yonne). . . .	2430 à 2450	690 à 760	69
— de Grimault (Yonne)	2620	720	72
Cliquart de Clamard (Seine) . .	2300 à 2500	400 à 530	40
Blanc royal de Vitry (Seine). .	1900 à 2000	270 à 350	27
— de Parmarin (Seine-et-Oise).	1600 à 1750	45 à 70	4 5
— de Méry (Seine-et-Oise) . .	1700 à 1800	90 à 130	9
— de Conflans (Seine-et-Oise).	1650 à 1800	70 à 100	7
— de Saint-Vaast (Oise), . . .	1550 à 1650	60 à 80	6
— de Saint-Leu (Oise)	1790	100	10
— de Saint-Maximin (Oise) . .	1630 à 1720	60 à 90	6
— de Courson (Yonne) . . .	1920	85	8 5

DÉSIGNATION DES PIERRES	DENSITÉS	CHARGES produisant l'écrasement par centimètre carré.	CHARGES de sécurité par centimètre carré.
		kilog.	
Vergelé de Nanterre (Seine) . .	1480 à 1508	50 à 70	5k
Craie marneuse de Sainte-Maure (Indre-et-Loire).	2260	370	37
— marn. de Loches (I.-et-Loire).	2430	470	47
— marn. de St-André (L.-et-C.).	1710 à 1780	100 à 120	10
— marneuse de Bourré près Blois (Loir-et-Cher) . . .	1420	50	5

DENSITÉS ET RÉSISTANCES DE DIVERSES MAÇONNERIES ET MATÉRIAUX

DÉSIGNATION DES MATIÈRES	DENSITÉS	CHARGES généralement admises dans les constructions (en kil. p. c. c.)
Pierre de taille de granit	2600 à 2900	40 à 50k
— — de marbre	2500 à 2700	20 à 25
— — de grès.	1800 à 2500	20 à 25
— — calcaire dure.	2000 à 2500	10 à 15
— — — tendre	1600 à 2000	5 à 8
Maçonnerie en meulière.	1200 à 1500	6 à 8
— en moellons de granit.	2200 à 2500	12 à 15
— — de pierre calcaire fraîche.	2300 à 2500	6 à 8
— — — sèche.	2200 à 2400	8 à 10
— en briques de Bourgogne fraîche.	1800 à 1900	10 à 14
— — ordinaires —	1600 à 1700	5 à 7
— — — sèche .	1450 à 1600	5 à 7
— — creuses	900 à 1200	3 à 5
Béton.	1900 à 2400	10 à 12
Mortier de chaux	1860 à 2100	3 à 5
— — hydraulique.		8 à 10
Mortier de ciment.	1660 à 1700	12 à 15
Torchis d'argile mêlée de paille, humide.	1200	—
— — — sec. . .	1040	—
Asphalte en poudre	1100 à 1200	—
— comprimé	2100	—
Mâchefer	770 à 985	—
Plâtre fraîchement gâché . , ...	1570 à 1600	2 à 3
— sec.	1000 à 1400	3 à 5
Carreaux de plâtre	1160 à 1200	3 à 5
Porcelaine	2320 à 2620	—
Verre.	2450 à 2640	20 à 25
Cristal.	3330	—
Flintglass.	3590 à 4430	—
Neige.	100 à 125	—

RÉSISTANCE DES PLATRES A L'ARRACHEMENT PAR CENTIMÈTRE CARRÉ (d'après VICAT et RONDELET).

DÉSIGNATION	CHARGE en kilogrammes produisant l'arrachement par centimètre carré.
Plâtre gâché serré	45k
— — à la manière ordinaire	5
— — avec 1,5 volume de sable ordinaire	6
— — — de gros sable	4
— — — de menu gravier	3
Adhérence du plâtre aux briques et aux pierres	3
— — au fer	14

TABLE DES RÉSISTANCES TRANSVERSES DUES A L'ADHÉRENCE OU A LA COHÉSION DES MORTIERS

NATURE DES PIERRES SUPERPOSÉES ET DU HOURDI	SURFACE en décimètres carrés.	AGE de la maçonnerie en jours.	RÉSISTANCE moyenne par mètre carré.
EXPÉRIENCES DE M. BOITARD			kilog.
Calcaire bouchardé, fiché sur calcaire bouchardé avec mortier de chaux grasse et sable fin	1 à 2	17	6 600
	3 à 5	17	9 400
	47	48	1 200
Le même avec mortier en chaux grasse et ciment	1 à 2	17	3 200
	3 à 5	17	5 300
Le même avec mortier en chaux grasse non rompu	47	48	1 100
EXPÉRIENCES DE M. MORIN	1		
Calcaire tendre de Jaumont, fiché sur calcaire tendre de Jaumont, avec mortier de chaux hydraulique de Metz et sable fin	2 à 2	83	18 000
	2 à 3	48	12 000
	4 à 3	43	10 100
	7 à 6	48	10 000
	à 8	48	9 400
Briques ordinaires fichées avec le même mortier	1,3	48	14 000
	2,6	48	10 000

NATURE DES PIERRES SUPERPOSÉES ET DU HOURDI	SURFACE en décimètres carrés.	AGE de la maçonnerie en jours.	RÉSISTANCE moyenne par mètre carré.
EXPÉRIENCES DE M. MORIN			kilog.
Calcaire de Jaumont, fiché sur calcaire de Jaumont avec plâtre ordinaire.	2.0	48	22 000
	8.0	48	28 000
Calcaire bleu à gryphite, très lisse, sur calcaire bleu avec plâtre	2,5	48	11 000
	4,5	48	20 000

Nota. — Autant qu'il y a possibilité, il faut toujours expérimenter soi-même les matériaux plutôt que de s'en rapporter à des moyennes publiées dans des ouvrages, parce que les échantillons sont très variables comme poids et résistances.

En tout cas, il convient de ne jamais prendre comme coefficient de sécurité pour la pierre et pour le bois que un dixième de la charge ayant amené la rupture ou l'écrasement.

Rondelet donne le renseignement suivant :

Charge par centimètre carré de section que portent des points d'appuis dans différents édifices :

Colonnes de l'église Toussaint à Angers, environ		46	kilogrammes.
Piliers du dôme des Invalides à Paris.	—	31	—
Piliers du Panthéon à Paris.	—	30	—
Piliers de la tour Saint-Méry.	—	30	—
Colonnes Saint-Pierre de Rome.	—	20	—
Piliers du dôme de Saint-Paul de Londres.	—	20	—
Piliers du dôme Saint-Pierre de Rome.	—	17	—

RÉSISTANCE DES BOIS

Les bois sont susceptibles de travailler à la *compression*, comme poteaux, point d'appui ; à la *flexion*, comme poutres, solives, etc., et à la *traction*, comme entraits, moises, etc.

TRAVAIL A LA COMPRESSION

Résultats d'expériences ayant amené l'écrasement sur différents bois, exprimés en kilogrammes par centimètre carré.

DÉSIGNATION DES BOIS	DENSITÉS	BOIS à la sécheresse ordinaire	BOIS après 2 mois d'étuve	CHARGES de sécurité par centimètre carré	
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog. Compression.	traction.
Acajou	560 sec (en sève 1000)	576	576	57	»
Aune	510 à 800	480	489	48	»
Bouleau d'Amérique	490 à 990	»	820	82	»
— d'Angleterre.		232	450	23 à 45	»
Buis.	»	1 400	»	140	»
Cèdre	561 à 596	399	412	39 à 41	»
Chêne anglais. . .	969 (en sève)	456	707	45 à 70	80
— de Dantzig,					
— très sec. .	710 (en sève 1070)	»	543	54	»
— de Québec .	»	297	421	29 à 42	»
Frêne	550 sec (en sève 900)	640	658	61 à 65	110
Hêtre	590 sec (en sève 980)	543	658	54 à 65	80
Larix (mélèze). . .	470 sec (en sève 920)	225	391	22 à 39	110
Noyer.	660 sec (en sève 880)	426	508	42 à 50	»
Orme	550 sec (en sève 990)	»	726	72	»
Peuplier.	400 sec (en sève 800)	218	360	21 à 36	80
Pin jaune rempli de					
térébenthine. .	»	378	383	38	»
— rouge	814 à 828	379	528	37 à 52	»
— résineux . . .	»	477	477	47	80
Pommier sauvage .	692	457	502	45 à 50	»
Poirier	»	690	»	69	»
Prunier	711 à 790	579	737	57 à 73	»
Sapin blanc	480 sec (en sève 890)	477	513	47 à 51	60 à 90
— de Prusse . .	528 à 557	457	479	46	»
— rouge. . . .	480 sec (en sève 870)	404	463	42	100
Saule	392 à 585	203	431	20 à 45	»
Sureau	685 à 700	524	701	52 à 70	»
Sycomore	0.736	498	»	49	»
Teck ou tek. . . .	»	»	850	85	110
Tremble.	526	57	»	5k,7	»

C'est un fait d'expérience bien connu qu'un prisme rectiligne, dont la section est très petite par rapport à la longueur, fléchit lorsqu'on le comprime parallèlement à ses fibres.

Si l'on suppose l'axe du prisme maintenu mathématiquement dans la direction des forces extérieures qui le sollicitent, il n'y a, en réalité, aucune raison pour que le prisme fléchisse dans un sens plutôt que dans un autre, et on ne distingue nullement la cause qui puisse dans ce cas produire son inflexion.

Mais le fait s'explique facilement comme conséquence de l'état d'équilibre du prisme. Cet équilibre, en effet, par cela même que le prisme est soumis à la compression n'existe que théoriquement; il est évident que le prisme chargé ne présente pas une homogénéité parfaite de composition, qu'un des côtés peut se trouver plus faible et alors la charge presque entière se porte sur le côté qui résiste, ou par suite d'une coupe vicieuse ou d'une assise imparfaite — ce qui est très fréquent — l'équilibre est instable, c'est-à-dire que la moindre déviation de l'axe du prisme causée par les raisons que nous venons de voir, détermine, dans certains cas, le développement de forces extérieures capables de provoquer une déviation considérable de l'axe, et fait fléchir le prisme.

Il y a donc un effort de compression compliqué d'un effort de flexion, et par conséquent, la pièce, si la plus petite largeur n'est pas en rapport avec la longueur, peut *se briser* avant de *s'écraser:*

l longueur de la pièce; b côté d'une pièce carrée; d diamètre d'une pièce cylindrique; P charge qui détermine la rupture.

On aura, pour le poids qui détermine l'écrasement d'une pièce de chêne ou de sapin dont la longueur n'excède pas douze fois la largeur ou épaisseur.

$$P = [(2000\ b) - l]^2 \text{; et pour l'épaisseur de la pièce : } b = \frac{l + \sqrt{P}}{2000}$$

$$P = [(1800\ d) - l]^2 \text{; et pour le diamètre de la pièce : } d = \frac{l + \sqrt{P}}{1800}$$

TABLEAU INDIQUANT LES POIDS DONT ON PEUT CHARGER AVEC SÉCURITÉ LES SUPPORTS SOUMIS A DES EFFORTS DE COMPRESSION, TELS QU'ÉTAIS, PILIERS, COLONNES, ETC., PAR CENTIMÈTRE CARRÉ DE SECTION TRANSVERSALE ET EN RAISON DE LA LONGUEUR DES PIÈCES [1].

DÉSIGNATION	RAPPORT DE LA LONGUEUR A LA PLUS PETITE DIMENSION TRANSVERSALE											
	au-dessous de 12	12	16	20	24	28	32	36	40	48	60	108
	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
Chêne fort . . .	30 à 40	26	21,2	17,8	15	12	10,8	9,2	7,6	5	2,5	»
— faible . . .	19	8,4	7,4	6,4	5,2	»	»	»	»	»	»	»
Sapin jaune ou — rouge . .	40 à 50	35	28,4	24,2	17,6	17,6	15	13,2	11,2	7,5	»	»
— blanc . .	9,7	8	6,6	5,8	»	»	»	»	»	»	»	»
Orme	9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

[1] On remarquera que suivant les expériences faites, le sapin donne une

CHARGES DÉTERMINANT L'ÉCRASEMENT PAR CENTIMÈTRE CARRÉ DE SECTION

DÉSIGNATION	RAPPORT DE LA LONGUEUR A LA PLUS PETITE DIMENSION TRANSVERSALE				
	au-dessous de 12	12	24	48	60
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Chêne de France . .	385 à 463	321 à 385	192 à 231	64 à 77	32 à 38
— anglais . . .	250 à 271	208 à 226	125 à 135	41 à 45	20 à 22
Sapin français . . .	462 à 538	385 à 448	231 à 269	77 à 89	38 à 44
— blanc anglais.	130 à 135	108 à 112	65 à 67	21 à 22	10 à 11
Pin d'Amérique. . .	110 à 118	91 à 98	55 à 59	18 à 19	9 à 9,5
Orme.	90	75	37	12	6

Gauthey, Tredgold et Poncelet nous donnent les résultats suivants obtenus par la compression perpendiculaire au sens des fibres et par centimètre carré de surface comprimée.

DÉSIGNATION DES BOIS	CHARGES produisant l'écrasement. par centim. carré.	CHARGES de sécurité par centimètre carré.
	kilogrammes.	kilogrammes.
Le chêne français	160	16
— anglais.	108	10
Sapin jaune	70	7
Larix ou mélèze	94	9,4
Peuplier	125	12,5

TRAVAIL A LA FLEXION

Les efforts transversaux qui doivent préoccuper le constructeur, sont, en architecture civile, fort peu importants, il ne

résistance plus considérable que celle du chêne. Il convient donc seulement, et ceci est très important, de tenir compte de la façon fort différente dont ces deux bois se comportent à l'usage.

Le chêne résiste bien à l'humidité et aux influences atmosphériques, tandis que le sapin se corrompt par l'eau, ou se dessèche à l'air et devient très cassant.

On peut donc immédiatement conseiller d'employer le sapin pour les ouvrages temporaires réclamant une grande somme de résistance, et le chêne pour les constructions qui seront appelées à durer longtemps et à résister à des charges permanentes.

s'agit généralement que de pièces reposant librement sur deux points d'appui et portant une charge connue et uniformément répartie, ayant seulement en charpente, à tenir compte de l'inclinaison des pièces qui vient modifier les dimensions des sections.

Règle générale, pour calculer une solive ou une poutre il faut toujours connaître : 1° la portée ; 2° l'écartement d'axe en axe entre solives ou entre poutres ; 3° la charge et la surcharge par mètre superficiel que devra porter le plancher.

La portée est facile à connaître, c'est le plan de la construction qui la donne ; l'écartement est arbitraire et varie suivant les exigences ; le poids se détermine en multipliant le nombre de mètres carrés que supporte la pièce par un nombre déterminé de kilogrammes par mètre carré.

Pour une pièce quelconque reposant librement sur deux points d'appui et chargée uniformément dans toute sa longueur, on aura :

$$\frac{PL}{8} = \frac{I}{n}$$

P poids total supporté ;

L portée de la pièce entre les points d'appui ;

$\frac{PL}{8}$ moment fléchissant ;

$R\frac{I}{n}$ moment de résistance dans lequel R est un coefficient de sécurité qu'on peut faire pour le matériau qui nous occupe, égal à 600 000, 800 000, 1 000 000. On dit alors que le bois travaille à 60, 80 ou 100 kilogrammes par centimètre carré suivant qu'on a donné à R une de ces valeurs.

Dans la formule ci-dessus, une seule quantité est inconnue, c'est la valeur $\frac{I}{n}$, qui, à cause de l'égalité $\frac{PL}{8} = \frac{I}{n}$, est égal à $\frac{PL}{8}$ divisé par R.

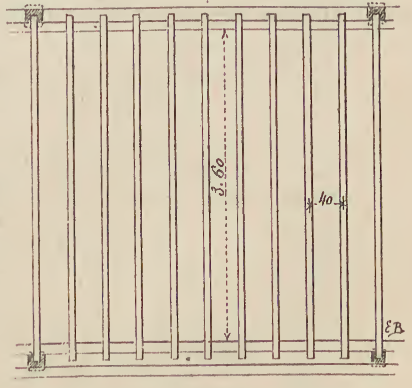


Fig. 1546. — Plancher en bois.

Exemple : supposons un plancher en bois (fig. 1546) dans lequel nous aurons à calculer : 1° les poutres ; 2° les solives.

Les données seront les suivantes :

Portée de poutres	$4^m,00$
— des solives	$4^m,00$
Ecartement des solives	$0^m,40$

Charge et surcharge, ensemble 900 kilomètres par mètre carré.

Une poutre portera, uniformément réparti, $4^m,00 \times 4^m,00 \times 900^{kg} = 14\,400$ kilogrammes.

On aura donc pour le moment fléchissant :

$$\frac{PL}{8} = \frac{14\,400 \times 4,00}{8}\ 7\,200^k$$

Si maintenant nous faisons travailler le bois à $60^{kg},000$ par centimètre carré, il faut choisir le coefficient 600 000 et la valeur $\frac{I}{n}$ deviendra $\frac{PL}{8}$ divisé par R, ou :

$$\frac{7200}{600\,000} = 0,012.$$

Il s'agit maintenant de trouver une section dont la valeur $\frac{I}{n}$ corresponde à 0,012, et c'est une opération assez longue, si on ne dispose pas de tables ou calculs faits, parce qu'on ne peut y arriver que par tâtonnement.

Exemple : La valeur $\frac{I}{n}$ est donnée pour une pièce prismatique et symétrique par la formule (fig. 1547).

$$\frac{bh^3}{12} \text{ divisé par } 1/2 \text{ de } h.\ (1/2 \text{ de } h = n)$$

Supposons par exemple, une pièce de bois de $0^m,40$ de largeur (b de la figure) et $0^m,45$ de hauteur (h de la figure), nous aurons donc :

$$\frac{I}{n} = \frac{\dfrac{0.40 \times 0.45^3}{12}}{0,225} = 0,013500$$

Fig. 1547. Section de solive bois.

chiffre un peu supérieur à celui que nous cherchons. Nous devrons donc diminuer un peu et recommencer le calcul, ce qu'on peut faire plus promptement en employant le procédé suivant :

Connaissant la valeur $\frac{I}{n}$ nécessaire par le calcul qu'on aura

fait du poids du plancher, on fera, en tenant compte de la hauteur du bois dont on peut disposer, le calcul $\frac{\frac{bh^3}{12}}{n}$ appliqué à une pièce ayant toute la hauteur dont on dispose, avec seulement $0^m,01$ de largeur.

Cette opération, si nous tablons sur la hauteur de $0^m,45$ de notre exemple ci-dessus donnera : $\frac{\frac{0,01 \times 0,45^3}{12}}{0,225} = 0,000337$, nous n'aurons qu'à multiplier par un nombre qui nous donne un chiffre se rapprochant de 0,012, ce que nous trouvons en multipliant par 33 qui donne $0,000337 \times 33 = 0,0121$, valeur presque exacte à celle demandée.

Dans notre figure, nous avons pour ces poutres indiqué des moises, c'est-à-dire deux pièces au lieu d'une ; chacune de ces deux pièces devrait donc avoir une valeur de : $\frac{0,012}{2} = 0,0060$, soit environ $0^m24 \times 0^m,40$ dont $\frac{I}{n} = 0,00638$.

Appliquant le même mode de calcul aux solives, nous aurons :

Portée	$4^m,00$
Ecartement	$0^m,40$
Poids total	900^k

d'où

$$4^m,00 \times 0^m,40 \times 900^k = 1440^k$$

et

$$\frac{PL}{8} = \frac{1440 \times 4,00}{8} = 720^k \text{ moment fléchissant.}$$

Faisant travailler à 60 kilogrammes comme dans le cas précédent, nous aurons :

$$\frac{I}{n} = \frac{720}{600\,000} = 0,0012$$

Soit un bois de

$$0^m,15 \times 0^m,22$$

Voici dans le tableau ci-dessous les valeurs $\frac{I}{n}$ calculées pour *un* centimètre d'épaisseur. Il suffit donc de multiplier par le nombre de centimètres dont se compose la largeur du bois qu'on emploie pour avoir sa valeur $\frac{I}{n}$ et la charge de sécurité pour une portée déterminée pour bois de chêne et de sapin.

$$R = 600\,000$$

h HAUTEUR	b BASE	$\frac{I}{n}$	CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE EN KILOGRAMMES pour une portée de : R = 600 000							
			1m.	2m.	3m.	4m.	5m.	6m.	7m.	8m.
m.	m.									
0,06	0,01	0,000006	28	14	9	7	5	»	»	»
0,08	—	0,000010	48	24	16	12	9	8	»	»
0,10	—	0,000016	76	38	25	19	15	12	10	»
0,11	—	0,000020	96	48	32	24	19	16	13	12
0,12	—	0,000024	115	57	38	28	23	19	16	14
0,14	—	9,000032	153	76	51	38	30	25	21	19
0,16	—	0,000043	206	103	68	51	41	34	29	25,5
0,18	—	0,000054	259	129	86	64	51	43	37	32
0,20	—	0,000067	321	160	107	80	64	53	45	40
0,22	—	0,000080	384	192	128	96	76	64	54	48
0,23	—	0,000088	422	211	146	105	84	70	60	52
0,24	—	0,000096	460	230	153	115	92	76	65	57
0,26	—	0,000113	542	271	180	135	108	90	77	67
0,28	—	0,000130	624	312	208	156	124	104	89	78
0,30	—	0,000150	720	360	240	180	144	120	102	90
0,32	—	0,000170	816	408	272	204	165	136	116	102
0,34	—	0,000193	926	463	308	231	185	154	132	115
0,36	—	0,000216	1 036	518	345	259	207	172	148	129
0,38	—	0,000240	1 152	576	384	288	230	192	164	144
0,40	—	0,000266	1 276	638	425	319	255	212	182	159
0,45	—	0,000337	1 617	808	539	404	325	269	230	202

Nota. — On remarquera que dans ce tableau, le poids propre n'est pas déduit. Nous ne pouvions le faire étant donnée la différence de densité entre les différents matériaux ; le chêne et le sapin par exemple.

Rien n'est plus simple que de se servir des chiffres de ce tableau : supposons que nous voulons savoir la valeur $\frac{I}{n}$ d'un madrier de 0,08 × 0,22, et ce que ce madrier pourra porter à 6 mètres. Cherchant dans la colonne h la cote 0,22 nous voyons en regard $\frac{I}{n} = 0{,}00008$ pour un centimètre d'épaisseur ; nous multiplions par huit puisque notre madrier a 0m,08 et nous trouvons $\frac{I}{n} = 0{,}00064$ pour un bois de 0,08 × 0,22.

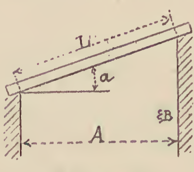


Fig. 1548.
Pièce inclinée.

Si maintenant nous voulons savoir ce que portera ce bois à 6 mètres de portée, nous prendrons dans la colonne 6 mètres, le chiffre en regard de celui 0,22 de la séparer des mots colonne h et nous trouverons 64 kg. que nous multiplierons par 8 puisque notre madrier a 0m,08 d'épaisseur et nous obtiendrons 512 kg.

Flexion d'une pièce posée obliquement. — Une pièce inclinée (fig. 1548) quand elle peut être considérée comme reposant librement sur deux points d'appui et qu'elle est uniformément chargée, se calcule par la formule suivante :

$$\frac{PL \cos \alpha}{8} = R \frac{I}{n}$$

Exemple :

A = 4.000
α = 25°, cosinus = 0,91
L = 4.413
P = 2 383^k (pris ici arbitrairement).

on aura donc :

$$\frac{2383^k \times 4.413 \times 0,91}{8} = 1196,21 \text{ moment fléchissant.}$$

Prenant R = 800 000, c'est-à-dire le bois travaillant à 80 kg. par centimètre carré de section, on aura :

$$\frac{I}{n} = \frac{1196,21}{800\,000} = 0,00149$$

Il faudra donc trouver un bois dont la section donne une valeur égale à 0,00149, soit un bois de $0^m,15 \times 0^m,25$ dont la valeur $\frac{I}{n} = 0,00156$ se rapproche beaucoup.

Encastrement. — On considère généralement qu'une pièce encastrée à ses deux extrémités offre une résistance double de celle reposant librement sur deux points d'appui (fig. 1549). Cela serait vrai si l'encastrement existait réellement, et si un calage absolument parfait et portant sur des matériaux durs était suffisant pour résister à l'effort ; il se produirait dans ce cas un double effort de flexion, premièrement au milieu de la poutre par un infléchissement vers le sol, et, secondement une flexion en sens inverse près du calage inférieur. Si une poutre ou une solive se trouvait dans ces conditions il est certain que la combinaison des deux efforts de flexion inverses donnerait une résistance considérable, double de la flexion simple. Mais dans la pratique nous avons souvent vu des constructeurs demander aux matériaux des efforts beaucoup trop considérables sous prétexte qu'ils les considéraient comme encastrés ; alors que parfois il s'agissait d'un simple scellement.

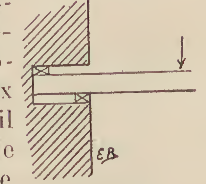


Fig. 1549.
Pièce encastrée.

RÉSISTANCE DES FERS

Le fer est dans la construction moderne le matériau par excellence, il rivalise avec la pierre et dans de nombreux cas il permet l'exécution de travaux qu'on ne saurait entreprendre sans lui. De plus il est propre à résister de quelque façon qu'on l'utilise, à l'extension, à la compression, au cisaillement et à la flexion.

On admet généralement en construction les charges ci-dessous pour le fer, la fonte et l'acier.

DÉSIGNATION	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré				CHARGE DE SÉCURITÉ par millimètre carré			
	EXTENSION	COMPRESSION	EFFORT tranchant ou cisaillement	FLEXION	EXTENSION	COMPRESSION	EFFORT tranchant ou cisaillement	FLEXION
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Fer laminé. .	35 à 45	25 à 40	28 à 34	35 à 45	6, 8 et 10	6	5 à 7	6, 8 et 10
Fonte	6 à 20	45 à 100	6 a 19	19 à 40	1 1/2 et 2	8 à 12	2 à 3	2, 3 et 4
Acier trempé.	100 à 269	»	»	140 à 190	25 à 40	»	»	25 à 40
Acier fondu .	45 à 80	»	»	25 à 51		12	»	6 à 10
Acier	»	100 à 200	36 à 50	»	9 à 15	12 à 20	8 à 10	9 à 15

Remarques : 1° Le fer offre la même résistance à l'extension et à la flexion, la compression et le cisaillement ne s'écartent pas beaucoup des deux premiers coefficients ; 2° la fonte résiste environ quatre fois plus en travaillant à la compression que pour les autres modes de travail.

En France, pour les travaux de l'Etat on admet que, dans la position la plus défavorable des surcharges que l'ouvrage peut avoir à supporter, le travail du métal, par millimètre carré de section, doit être limité :

A *un* kilogramme *et demi* pour la *fonte* travaillant à l'extension directe ;

A *trois* kilogrammes pour la *fonte* travaillant à l'extension dans une pièce fléchie ;

A *cinq* kilogrammes pour la *fonte* travaillant à la compression, soit directement, soit dans une pièce fléchie ;

A *six* kilogrammes pour le *fer forgé* ou *laminé*, tant à l'extension qu'à la compression.

Résistance à l'extension ou à la traction. — C'est l'effort qu'opposent les molécules d'une tige ou barre à une force tirante qui tend à l'allonger.

Lorsque la charge appliquée agit bien suivant l'axe de la pièce on peut admettre que la charge se répartit uniformément.

Appelant : P charge totale connue ;

S surface de la section en millimètres carrés ;

R traction que la matière peut supporter en sécurité par unité de surface.

$$R = \frac{P}{S}$$

Si l'on veut tenir compte de l'allongement possible et de l'élasticité, il faut prendre la formule accompagnant la figure 1522.

TABLEAU DES EFFORTS DE TRACTION QUE PEUVENT SUPPORTER LES MÉTAUX JUSQU'A LA RUPTURE PAR CENTIMÈTRE CARRÉ DE SECTION

D'après MM. Morin, Poncelet, etc.

Important : On ne doit faire travailler les métaux qu'au 1/6 ou 1/5 de la charge qui a déterminé la rupture.

Fer forgé ou étiré en barres.	Le plus fort de petit échantillon, première qualité	6 000
	Le plus faible de gros échantillon, 0,06 de côté.	2 500
	Fondu	1 350 à 1 250
Tôle.	Tirée dans le sens du laminage	4 100
	Tirée dans le sens perpendiculaire.	3 600
Fer dit ruban, très doux		4 500
Fil de fer non recuit.	De l'Aigle, employé à la corderie, de 23 millimètres de diamètre	9 000
	Le plus fort de 0,5 à 1,0 millimètre de diamètre.	8 000
	Le plus faible d'un grand diamètre.	5 000
	Moyen de 1 à 3 millimètres	6 000
Fil de fer en faisceau ou câble (expérience de M. Burnet) . . .		3 000
Chaînes en fer doux.	Ordinaires à maillons oblongs	2 400
	Renforcées par des entretoises	3 200

Fonte grise.	La plus forte, coulée verticalement	1 350
	La plus faible, coulée horizontalement	1 250
Acier.	Fondu de cémentation, étiré au marteau en petit échantillon et de première qualité	10 000
	Le plus mauvais	3 600
	Moyen	7 500
Bronze de canon, en moyenne		2 300
Cuivre.	Rouge battu	2 500
	Rouge fondu	1 340
	Jaune ou laiton fin	1 260
Cuivre rouge en fil non recuit.	Le plus fort au-dessous de 1 millimètre de diamètre	7 000
	Moyen de 1 à 2 millimètres de diamètre	5 000
	Le plus mauvais	4 000
Cuivre jaune laiton en fil non recuit.	Le plus fort au-dessous de 1 millimètre de diamètre	8 500
	Moyen au-dessus de 1 millimètre de diamètre	5 000
Platine en fil.	Ecroui, non recuit de 0,127 millimètres	11 600
	Ecroui recuit, d'après la mesure directe du diamètre	3 400
Etain fondu		300
Zinc fondu		600
Zinc laminé		500
Plomb fondu		128
Plomb laminé		135
Fil de plomb fondu et passé à la filière		136

Résistance à la compression. — Si la pièce est soumise à un effort de compression dans le sens de son axe longitudinal, le tassement est proportionnel aux charges supportées par unité de surface de leur section, et proportionnel aussi à leur longueur totale quand cette longueur dépasse les limites pour un prisme de L = 12 fois la plus petite dimension de section.

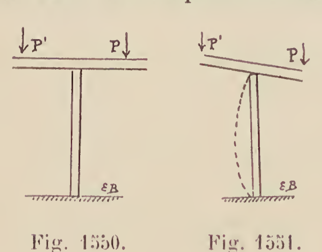


Fig. 1550. Fig. 1551.

Nous avons dit que, théoriquement, le fer étant supposé chargé absolument sur son axe, que les répartitions supposées parfaitement égales, il n'y aurait aucune raison pour qu'une flexion se produise ; mais il

n'en est jamais ainsi et par exemple le poids p sera plus considérable que le poids p' et il s'ensuivra, si la pièce supportée s'infléchit même légèrement, une poussée oblique qui tendra à courber le support dans le sens que nous indiquons figures 1550, 1551.

Dans la construction ordinaire, on n'a guère à tenir compte de la longueur; les points d'appui, même s'ils montent, sont toujours garantis des poussées latérales par les planchers et le fer surtout avec l'énorme largeur d'ailes qu'il a proportionnellement à sa surface, peut presque toujours être compté simplement par millimètre carré de section à 5 ou 6 kilogrammes comme charge de sécurité.

TABLEAU DES EFFORTS DE COMPRESSION QUE PEUVENT SUPPORTER LES MATÉRIAUX JUSQU'A LA RUPTURE, ET CHARGES DE SÉCURITÉ

D'après M. MORIN.

DÉSIGNATION des CORPS	CHARGES DE SÉCURITÉ PAR CENTIMÈTRE CARRÉ DE SECTION TRANSVERSALE — RAPPORT DE LA LONGUEUR à la plus petite dimension transversale					POIDS qui détermine la rupture par centimètre carré de section transversale
	AU-DESSOUS de 12	12	24	48	60	
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Fer forgé.	1 000	885	500	167	84	5 000
Fonte	2 000	1 650	1 000	333	167	10 000
Métal de canon.	5 000	»	»	»	»	25 000
Cuivre rouge coulé. . .	823	»	»	»	»	8 000
— — forgé. . .	4 650	»	»	»	»	28 000
— jaune	560	»	»	»	»	2 800
Étain fondu	100	»	»	»	»	600
Plomb fondu.	28	»	»	»	»	140
Basalte	200	»	»	»	»	2 000
Granit dur.	70	»	»	»	»	700
— ordinaire.	40	»	»	»	»	400
Marbres les plus durs	100	»	»	»	»	1 000
— blancs veinés.	31	»	»	»	»	300
Calcaires durs	50	»	»	»	»	500
— ordinaires. . .	30	»	»	»	»	300
Grès durs	90	»	»	»	»	900
— tendres.	0,4	»	»	»	»	4
Brique dure	15	»	»	»	»	150
— ordinaires. . . .	4	»	»	»	»	40
Plâtre	6	»	»	»	»	60
Béton de dix-huit mois.	4	»	»	»	»	40
Mortier	2,5	»	»	»	»	25

La fonte peut supporter jusqu'à 12 kilogrammes par millimètre carré en travaillant à la compression comme nous l'indiquons dans le tableau précédent (p. 860).

Une pièce de fonte, dont la hauteur varie de 1 à 5 fois, la plus petite dimension de la section transversale, ne s'écrase que sous une charge de 7500 à 8000 kilogrammes par centimètre carré.

M. Claudel donne la formule suivante, pour obtenir la charge qu'on peut faire supporter en toute sécurité à une colonne :

$$P = \frac{1.250.\ S}{1,46 + 0,00337 \left(\frac{l}{d}\right)^2}.$$

1 250 est le 1/6 de la charge qui détermine l'écrasement. S, la section en centimètres carrés ; l et d, les dimensions du pilier en centimètres (longueur et diamètre).

TABLEAU DONNANT LE POIDS DES COLONNES PLEINES

et les charges de sécurité dont on peut les charger (travail 10 kg. par mm.)

DIAMÈTRE des colonnes rondes	POIDS du mètre de fût, non compris base et chapiteau	HAUTEUR DES COLONNES								
		2m	2m,50	3m	3m,50	4m	4m,50	5m	5m,50	6m
m.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
0,08	36	13 000	9,500	7 000	»	»	»	»	»	»
0,09	46	19 000	14 000	10 500	8 500	»	»	»	»	»
0,10	56	26 000	20 000	15 500	12 000	10 000	»	»	»	»
0,11	69	34 000	27 000	22 000	17 500	14 500	11 500	»	»	»
0,12	82	44 000	35 000	29 000	23 500	19 000	16 000	14 500	»	»
0,13	96	55 000	46 000	38 000	31 000	25 500	21 000	18 000	16 000	»
0,14	111	68 000	57 000	48 000	40 000	33 000	27 000	23 000	20 500	19 000
0,15	127	82 000	69 000	58 000	49 000	42 000	35 000	30 000	25 500	23 000
0,16	145	97 000	82 000	70 000	61 000	52 000	44 000	38 000	32 000	28 000
0,17	164	»	98 000	84 000	73 000	63 000	54 000	47 000	40 000	35 000
0,18	183	»	»	99 000	86 000	76 000	66 000	57 000	49 000	43 000
0,19	205	»	»	»	101 000	89 000	78 000	69 000	60 000	52 000
0,20	226	»	»	»	»	103 000	92 000	81 000	71 000	63 000

Les poids indiqués dans le tableau ci-dessus ne comprennent que le mètre courant de fût ; on peut ajouter pour une colonne de 3 mètres prise comme moyenne, environ 40 kilogrammes pour base, chapiteau et repos.

On admet pour les colonnes pleines, que le renflement vers le milieu augmente la résistance d'environ 1/8.

Pour les raisons que nous avons données ci-dessus au sujet de la complication de flexion et de traction dans les supports verticaux, il est plus rationnel, quand on arrive à donner des hauteurs plus considérables aux points d'appui, d'employer les colonnes creuses, la matière résiste aussi bien à la compression que dans la colonne pleine et de plus, on emploie reportée à la circonférence et travaillant à la flexion et à la compression, la fonte qui occuperait le centre et par conséquent serait voisine de l'axe ou ligne neutre où le travail est ou nul ou peu appréciable au point de vue de la flexion.

Si on n'utilise pas les colonnes creuses comme descente des eaux pluviales (ce qui, si on n'a pas la précaution de la doubler d'un tuyau de plomb d'un diamètre inférieur au vide, pour éviter les effets de la congélation des eaux par les basses températures, peut causer la rupture des colonnes), on peut les remplir d'un béton fin de ciment, de mortier ou même simplement de sable, matières incompressibles qui, maintenues par les parois, ajoutent encore à la résistance, à l'écrasement.

Négligeant l'avantage qu'a la colonne creuse comme résistance à la flexion étant donnés les efforts latéraux accidentels, on admet en général qu'elle a une résistance égale à celle de la colonne pleine, moins celle d'une colonne de même hauteur pouvant remplir le vide, ou :

$$P = \frac{1.250.\ S}{1.45 + 0.00337\left(\frac{l}{d}\right)^2} - \frac{1.250.\ S'}{1.45 + 0.00337\left(\frac{l}{d}\right)^2}$$

S' représente la section du vide en centimètres carrés.

TABLEAU DONNANT LE POIDS DES COLONNES CREUSES

et les charges de sécurité dont on peut les charger (R = 10 kg.)

DIAMÈTRE extérieur	ÉPAISSEUR de fonte en millimètres	POIDS du mètre de fût sans base ni chapiteau	HAUTEURS DES COLONNES								
			3m	3m,50	4m	4m,50	5m	5m,50	6m	6m,50	7m
m.		kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
0,12	20	45	22 000	19 000	16 000	14 000	12 000	»	»	»	»
0,13	20	50	27 000	23 000	20 000	17 000	15 000	»	»	»	»
0,14	22,5	60	34 000	29 000	26 000	22 000	19 000	17 000	»	»	»
0,15	22,5	65	39 000	34 000	30 000	26 000	23 000	20 000	»	»	»
0,16	25	76	48 000	43 000	38 000	34 000	30 000	26 000	23 000	»	»
0,17	25	82	53 000	48 000	43 000	39 000	34 000	30 000	27 000	»	»
0,18	25	88	58 000	53 000	48 000	43 000	38 000	34 000	31 000	»	»
0,19	25	93	64 000	58 000	53 000	48 000	43 000	39 000	35 000	»	»
0,20	27,5	107	76 000	70 000	64 000	58 000	53 000	48 000	43 000	39 000	»
0,21	27,5	113	82 000	76 000	70 000	64 000	58 000	53 000	48 000	44 000	»
0,22	27,5	120	89 000	83 000	76 000	70 000	64 000	59 000	54 000	49 000	»
0,23	27,5	126	96 000	89 000	83 000	76 000	70 000	65 000	60 000	55 000	»
0,24	30	142	110 000	102 000	96 000	89 000	82 000	76 000	70 000	64 000	59 000
0,25	30	149	117 000	110 000	103 000	96 000	89 000	83 000	77 000	71 000	65 000
0,26	30	155	124 000	117 000	110 000	103 000	96 000	89 000	83 000	77 000	71 000
0,27	30	163	131 000	124 000	117 000	109 000	102 000	96 000	89 000	83 000	77 000
0,28	30	170	138 000	131 000	123 000	116 000	109 000	102 000	96 000	89 000	83 000
0,29	30	176	146 000	138 000	131 000	124 000	117 000	110 000	103 000	96 000	90 000
0,30	30	183	152 000	144 000	137 000	130 000	123 000	116 000	109 000	102 000	96 000

Les poids indiqués dans le tableau ci-dessus ne comprennent que le mètre courant de fût; il faut, comme pour les colonnes pleines, ajouter environ 40 kilogrammes pour base et chapiteau, poids moyen.

Résistance au cisaillement (fig. 1552). — C'est l'effort qu'opposent les diverses molécules d'une pièce à l'action des forces parallèles à ses sections transversales.

Fig. 1552. Cisaillement.

L'expérience prouve que cette résistance est, comme les précédentes, proportionnelle à l'aire de la section et peut être exprimée par :

$$SR = T, \quad R = \frac{T}{S}, S = \frac{T}{R}$$

T étant l'effort parallèle à la section S, et R la résistance au cisaillement par unité de section.

Résistance à la flexion. — Les coefficients de sécurité sont dans le travail à la flexion, 6, 8 ou 10 kilogrammes par millimètre carré pour le fer, et 2, 3 et 4 seulement pour la fonte.

Une pièce métallique prismatique et dont la section est symétrique se calcule comme nous l'avons vu pour le bois en employant la formule $\frac{I}{n} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{n}$ avec cette seule différence que la valeur de R deviendra pour le fer 6 000 000 au lieu de 600 000 qu'elle est pour le bois.

Les constructeurs ont généralement adopté, pour les planchers en fer, la formule empirique : $H = 0^m,03$ L, ou $H = \frac{3L}{100}$ dans laquelle H représente la hauteur des solives, et L leur portée dans œuvre ; mais, comme elle correspond, évidemment, à une même charge, d'ailleurs inconnue, les résultats en sont erronés dans la plupart des cas de la pratique, et il vaut mieux toujours avoir recours au calcul, ou bien, les données étant certaines, prendre les fers indiqués comme pouvant porter les charges prévues.

Quoique nous donnions ci-après les calculs faits pour différentes sections de fers simples et composés, voici la manière

dont on peut opérer au cas où nos tableaux ne contiendraient pas l'échantillon de fer nécessaire.

Calcul d'une solive de plancher. — Les données étant : Portée entre points d'appui, 5 mètres ; charge par mètre carré 400 kilogrammes ; espacement des solives $0^m,70$ d'axe en axe.

La solive portera :

$$5^m,00 \times 0^m,70 \times 400^k = 1400^k.$$

$$\frac{PL}{8} = \frac{1400 \times 5,00}{8} = 875^k$$

Si nous faisons travailler à 6 kilogrammes, il nous faudra prendre le coefficient 6 000 000 et la valeur $\frac{I}{n}$ deviendra $\frac{PL}{8}$ divisé par R, ou :

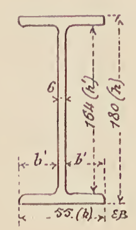


Fig. 1553.
Section de solive.

$$\frac{875}{6\,000\,000} = 0,0001458$$

Il s'agit maintenant de trouver une section de fer double T dont la valeur $\frac{I}{n}$ corresponde précisément à 0,000146, et c'est une opération fort longue si on ne dispose pas de tableaux donnant les valeurs calculées.

Procédons donc comme si nous n'avions aucun document pouvant nous donner un calcul fait, et, prenons arbitrairement un fer présentant les dimensions indiquées (fig. 1553) la formule sera :

$$\frac{I}{n} = \frac{\frac{bh^3 - 2b'h'^3}{12}}{n}$$

Et remplaçant par les valeurs :

$$\frac{I}{n} = \frac{\frac{0,055 \times 0,180^3 - 2 \times 0,0245 \times 0,164^3}{12}}{0,09} = 0,000096066.$$

Cette section prise au hasard donnant une valeur $\frac{I}{n}$ plus faible que celle cherchée fait voir qu'en l'employant le fer tra-

vaillerait à plus de 6 kilogrammes, ce dont on peut s'assurer et préciser le travail en faisant l'opération inverse.

$$\text{Moment fléchissant } \frac{PL}{8} = 875^{k}.$$

$$\text{Moment résistant } R\,\frac{I}{n} = 6\,000\,000 \times 0{,}000096866 = 581.$$

Et :

$$\frac{875}{581} \times 6 = 9.$$

Cette solive travaillerait donc à 9 kilogrammes par millimètre carré.

D'après l'exemple ci-dessus, tout se réduit donc à avoir des valeurs $\frac{I}{n}$ calculées d'avance pour toutes les sections.

Un fer peut porter $P = \dfrac{8R\,\frac{I}{n}}{L}$.

M moment fléchissant, le travail du fer est : $\dfrac{M}{\frac{I}{n}}$.

P′ poids que peut porter le fer à 1 mètre :

$$P = \frac{P'}{L}$$

RÉSISTANCE DES FERS A DOUBLE T DE $0^m,080$ A $0^m,400$ DES HAUTS FOURNEAUX DE MAUBEUGE

(Extrait de l'Album.)

NOTA. — Pour le cas de charges placées au milieu de la longueur, il ne faudra prendre que la moitié des chiffres indiqués.

DIMENSIONS en MILLIMÈTRES	POIDS par mètre en kilogr.	$\frac{I}{n}$	COEFFICIENTS de sécurité	CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE SUR UNE PORTÉE DE :												
				M 2,00	M 2,50	M 3,00	M 3,50	M 4,00	M 4,50	M 5,00	M 5,50	M 6,00	M 6,50	M 7,00	M 7,50	M 8,00
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
4 — 45 — 80	6,500	0.00002157	6	517	414	345	295	258	230	207	188	172	159	147	138	129
			8	687	550	458	382	343	309	275	252	229	210	191	181	171
			10	858	687	572	489	420	386	343	314	286	265	244	229	214
7 — 45 — 80	8,500	0.000024304	6	583	466	388	333	291	259	233	212	194	179	166	155	145
			8	775	619	516	442	387	344	309	283	258	239	221	207	193
			10	967	773	644	552	774	629	386	354	322	299	276	257	240
4.5 — 45 — 100	8,500	0.000034004	6	816	652	544	466	408	367	326	296	272	251	233	217	204
			8	1085	867	723	619	542	488	433	393	361	333	309	288	271
			10	1354	1082	903	773	677	609	541	491	456	416	386	360	338
8 — 48.5 — 100	11,500	0.000040825	6	980	784	652	556	490	435	392	356	326	301	278	261	245
			8	1303	1012	868	739	651	578	521	473	434	400	366	347	325
			10	1626	1301	1084	922	813	722	650	590	542	499	461	433	406
5 — 45 — 120	9,750	0.000045507	6	1092	873	728	624	546	485	436	397	364	336	312	291	273
			8	1452	1159	968	829	726	645	579	528	484	446	414	387	363
			10	1712	1447	1208	1035	856	805	723	659	604	557	517	483	428
8 — 120	13,000	0.000052429	6	1258	1007	838	719	629	559	503	457	419	387	359	335	314
			8	1673	1339	1114	956	836	743	668	607	557	514	477	445	417
			10	2088	1671	1391	1193	1044	927	834	758	695	642	595	556	521

6 — 47 — 140	*12,500*	*0.000064902*	*6 8 10*	*1557 2070 2584*	*1246 1657 2068*	*1038 1380 1723*	*890 1183 1477*	*778 1034 1291*	*692 920 1148*	*623 828 1034*	*566 752 939*	*519 690 861*	*479 637 795*	*445 591 738*	*415 551 688*	*389 517 645*
10 — 57 — 140	17,000	0.00007797	6 8 10	1871 2488 3105	1496 1989 2483	1247 1658 2070	1069 1421 1774	935 1244 1552	831 1105 1379	748 994 1241	680 904 1128	623 829 1035	575 764 954	534 710 887	498 662 825	467 622 776
6 — 47 — 160	13,500	0.000078153	6 8 10	1875 2493 3112	1500 1995 2490	1250 1662 2075	1072 1425 1779	937 1246 1556	833 1107 1382	750 997 1245	682 907 1132	625 831 1037	577 766 957	536 712 889	500 665 828	468 623 778
10 — 51 — 160	18,500	0.000095313	6 8 10	2288 3043 3798	1830 2433 3037	1525 2028 2531	1307 1738 2169	1144 1521 1899	1017 1352 1688	915 1216 1518	832 1106 1381	762 1014 1265	704 936 1168	653 869 1084	610 611 1012	572 760 949
7 — 55 — 180	18,500	0.00012828	6 8 10	3072 4085 5099	2463 3275 4088	2052 2729 3406	1759 2339 2919	1536 2042 2549	1368 1819 2270	1931 1637 2044	1119 1488 1857	1026 1364 1703	947 1259 1572	879 1169 1457	821 1092 1362	763 1021 1274
11 — 59 — 180	24,000	0.00014987	6 8 10	3596 4782 5969	2877 3859 4792	2398 3189 3980	2055 2733 3411	1798 2391 2884	1598 2125 2652	1438 1919 2396	1307 1738 2169	1196 1594 1990	1106 1470 1835	1027 1366 1705	959 1275 1591	898 1195 1442
7.5 — 64 — 200	20,500	0.00016998	6 8 10	4079 5425 6771	3263 4339 5416	2719 3616 4513	2331 3100 3869	2039 2712 3385	1813 2411 3009	1631 2169 2708	1483 1972 2461	1359 1808 2256	1255 1669 2083	1165 1550 1934	1088 1447 1806	1019 1306 1692
11 — 67.5 — 200	26,000	0.0001933	6 8 10	4639 6169 7700	3709 4932 6156	3092 4112 5132	2651 3525 4400	2319 3084 3849	2062 2742 3422	1854 2465 3077	1687 2243 2800	1546 2056 2566	1427 1897 2368	1325 1762 2200	1237 1645 2053	1159 1542 1944
8 — 64 — 220	24,000	0.0001968	6 8 10	4723 6281 7840	3778 5024 6271	3148 4186 5225	2698 3588 4478	2361 3140 3920	2099 2791 3484	1889 2512 3135	1717 2283 2850	1574 2093 2612	1453 1794 2239	1349 1794 2239	1259 1674 2089	1180 1570 1960

DIMENSIONS en MILLIMÈTRES	POIDS par mètre en kilogr.	$\frac{1}{n}$	COEFFICIENTS de sécurité	CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE SUR UNE PORTÉE DE :												
				M 2.00	M 2,50	M 3.00	M 3,50	M 4,00	M 4,50	M 5,00	M 5,50	M 6,00	M 6,50	M 7,00	M 7,50	M 8,00
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil,	kil,	kil.	kil.	kil.	kil.
12 / 220 / 68	31,000	0.00022909	6	5498	4398	3665	3141	2749	2443	2199	1998	1832	1691	1570	1467	1374
			8	7312	5849	4874	4177	3566	3249	2924	2657	2437	2249	2088	1951	1783
			10	9126	7300	6083	5214	4663	4055	3600	3316	3041	2807	2607	2435	2281
10 / 240 / 66	28,500	0.00024169	6	5800	4640	3866	3314	2900	2577	2320	2109	1933	1784	1657	1546	1450
			8	7714	6171	5141	4407	3857	3427	3080	2804	2570	2372	2203	2056	1928
			10	9628	7702	6417	5501	4824	4277	3851	3500	3208	3961	2750	2566	2412
16 / 240 / 72	39,000	0.00029928	6	7182	5746	4788	4104	3591	3192	2873	2612	2394	2210	2052	1915	1795
			8	9552	7642	6368	5458	4776	4245	3821	3473	3184	3939	2729	2546	2388
			10	11922	9538	7948	6812	5961	5208	4764	4335	3974	3668	3406	3178	2980
10 / 260 / 68	32.000	0.0003018	6	7244	5795	4829	4139	3622	3219	3897	2634	2414	2228	2069	1931	1811
			8	9634	7707	6422	5504	4817	4281	3853	3503	3211	2963	2752	2568	1408
			10	12025	9619	8016	6870	6012	5343	4809	4372	4008	3698	3435	3205	3006
16 / 260 / 74	44.000	0.00036947	6	8867	7092	5015	5066	4433	3940	3546	3228	2955	2728	2533	2364	2216
			8	11763	9432	7866	6737	5896	5240	4716	4293	3933	3628	3368	3144	2948
			10	14719	11772	9818	8409	7359	6540	5886	5358	3909	4528	4204	3924	3679
3.5 / 80 / 55	7,500	0.000028054	6	673	538	448	384	336	299	269	244	224	207	192	179	168
			8	877	718	598	512	448	398	359	326	299	276	256	239	224
			10	1122	897	748	641	561	498	449	408	374	345	320	299	280
6 / 80 / 55	10,[illegible]	0.000030253	6	725	580	483	414	362	322	290	263	241	223	207	193	181
			8	964	771	612	687	482	428	385	349	321	206	243	256	141
			10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

4 ; 60 ; 100	10,000	0.00004555	6	1094	875	729	625	547	486	437	397	364	337	312	292	272
			8	1458	1166	972	833	729	648	583	530	486	448	416	388	364
			10	1822	1458	1215	1042	911	810	729	663	607	561	521	486	455
8 ; 64 ; 100	13,100	0.00005220	6	1283	1001	836	717	627	557	502	455	418	385	357	333	313
			8	1670	1330	1114	956	836	743	668	608	557	515	478	446	418
			10	2088	1671	1393	1194	1044	928	835	760	699	642	597	557	522
5 ; 70 ; 120	14,000	0.00007428	6	1782	1425	1188	1017	891	793	714	640	595	549	508	474	445
			8	2377	1902	1583	1357	1187	1055	951	865	791	731	678	633	593
			10	2971	2375	1977	1697	1485	1319	1190	1082	988	915	848	793	742
9 ; 74 ; 120	17,700	0.00008397	6	2015	1615	1345	1151	1008	896	806	733	673	620	575	535	504
			8	2688	2148	1791	1535	1344	1199	1076	977	895	826	767	715	672
			10	3360	2688	2237	1918	1680	1492	1344	1220	1118	1033	959	896	840
6 ; 80 ; 140	18,000	0.00011146	6	2675	2138	1782	1528	1337	1188	1869	972	891	822	764	713	668
			8	3566	2852	2376	2038	1783	1584	1426	1297	1188	1097	1019	958	891
			10	4458	3566	2972	2546	2229	1980	1783	1621	1486	1371	1273	1188	1114
10 ; 84 ; 140	22,300	0.00012452	6	2989	2390	1991	1710	1494	1327	1196	1087	997	920	855	797	747
			8	3986	3180	2654	2278	1992	1770	1595	1450	1327	1227	1139	1062	996
			10	4981	3980	3220	2846	2491	2215	1994	1813	1660	1534	1423	1328	1245
7 ; 80 ; 160	22,000	0.0001326	6	3182	2546	2123	1819	1591	1414	1273	1157	1061	979	909	848	795
			8	4432	3386	2823	2349	2116	1880	1693	1538	1414	1302	1209	1127	1058
			10	5282	4226	3524	3019	2641	2347	2113	1920	1762	1625	1509	1497	1320
11 ; 84 ; 160	27,000	0.0001497	6	3592	2874	2395	2053	1796	1596	1437	1305	1197	1104	1026	957	898
			8	4777	3822	3185	2730	2388	2122	1911	1735	1592	1468	1365	1272	1194
			10	5962	4770	3975	3407	2981	2649	2885	2166	1987	1832	1703	1588	1940
7 ; 80 ; 175	19,500	0.00014184	6	3404	2733	2269	1944	1702	1513	1361	1238	1134	1047	972	907	851
			8	4527	3634	3017	2585	2263	2012	1817	1646	1508	1392	1292	1206	1131
			10	5650	4536	3766	3227	2825	2511	2268	2055	1883	1738	1613	1505	1412

DIMENSIONS en MILLIMÈTRES	POIDS par mètre en kilogr.	I/n	COEFFICIENTS de sécurité	CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE SUR UNE PORTÉE DE : M 2,00	M 2,50	M 3,00	M 3,50	M 4.00	M 4,50	M 5,00	M 5,50	M 6,00	M 6,50	M 7,00	M 7,50	M 8,00
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
11 — 84 — 175	25,000	0.00016226	6	3894	3111	2596	2224	1947	1730	1555	1416	1298	1195	1112	1039	973
			8	5179	4137	3452	2957	2589	2300	2068	1883	1726	1589	1478	1381	1294
			10	6464	5164	4309	3691	3232	2871	2582	2350	2154	1983	1845	1724	1616
7 — 100 — 180	27,100	0.00021788	6	5229	4180	3446	2988	2619	2324	2090	1900	1743	1609	1494	1394	1309
			8	6972	5576	4648	3984	3486	3093	2788	2535	2324	2145	1992	1859	1743
			10	8715	6972	5810	4980	4357	3873	3486	3169	2905	2681	2490	2324	2178
12 — 105 — 180	33,900	0.00024488	6	5871	4702	3914	3360	2935	2611	4351	2136	1857	1808	1680	1567	1467
			8	7832	6245	5222	4475	2916	3478	3122	2848	2611	2410	2.37	2089	1958
			10	9795	7837	6532	5595	4897	4350	3918	3561	3286	3015	2797	2613	2448
7 — 90 — 200	26,000	0.00022291	6	5349	4279	3326	3056	2674	2377	2139	1925	1663	1645	1528	1426	1337
			8	7114	5691	4423	4064	3557	3161	2845	2560	2211	2187	2032	1896	1778
			10	8879	7103	5521	5072	4439	3945	3551	3195	2760	2730	2536	2367	2219
11 — 94 — 200	34,000	0.00024953	6	5988	4790	3991	3421	2994	2661	2395	2177	1995	1842	1710	1597	1497
			8	7964	6370	5308	4549	3982	3539	3185	2895	2654	2449	2274	2124	1991
			10	9940	7951	6635	5678	4970	4417	3975	3613	3317	3057	2839	2651	2485
8 — 100 — 200	29,000	0.00024153	6	5796	4636	3864	3312	2898	2576	2318	2091	1932	1783	1656	1545	1449
			8	7708	6165	5139	4404	3854	3426	3082	2781	2569	2371	2202	2504	1927
			10	9621	7695	6414	5497	4810	4277	3847	3471	3207	2959	2748	2564	2405
13 — 103 — 200	37,000	0.00027486	6	6596	5272	4397	3768	3298	2930	2636	2398	2198	2029	1884	1759	1649
			8	8772	7011	5848	5011	4386	3896	3505	3189	2924	2698	2505	2339	2193
			10	10949	8751	7299	6254	5474	4863	4375	3980	3649	3368	3227	2919	2737

200			10	16787	13429	11193	9593	8393	7460	6714	6103	5595	5164	4796	4475	4196
20 / 145 / 200	63,000	0.00045489	6	10917	8734	7278	6239	5458	4852	4367	3970	3639	3374	3119	2911	2729
			8	14519	11616	9679	8207	7258	6453	5808	5280	4839	4487	4148	3871	3629
			10	18122	14498	12081	10356	9061	8054	7249	6590	6040	5600	5178	4832	4530
10 / 100 / 220	33,000	0.0002907	6	6978	5582	4652	3988	3489	3101	2791	2537	2326	2147	1994	1860	1744
			8	9305	7443	6203	5317	4652	4135	3721	3383	3101	2862	2658	2481	2326
			10	11631	9304	7754	6646	5815	5169	4652	4229	3877	3578	3323	3101	2907
13 / 103 / 220	38,000	0.00031499	6	7559	6047	5039	4319	3779	3359	3023	2748	2519	2325	2159	2015	1884
			8	10079	8062	6718	5758	5038	4479	4031	3665	3359	3101	2879	2687	2519
			10	12599	10078	8398	7198	6299	5599	5039	4581	4199	3876	3599	3359	3149
10 / 95 / 235	35,000	0.00032404	6	7776	6220	5184	4443	3888	3456	3110	2827	2592	2392	2221	2072	1944
			8	10368	8294	6912	5924	5184	4608	4147	2770	3456	3190	2962	2761	2592
			10	12961	10368	8641	7406	6480	5760	5184	4713	4320	3988	3703	3452	3240
15 / 100 / 235	44,000	0.00037006	6	7981	6624	5520	4731	3990	3680	3312	3011	2760	2547	2365	2208	1995
			8	10641	8832	7360	6308	5320	4907	4416	4015	3680	3396	3154	2944	2660
			10	13302	11040	9201	7886	6601	6134	5520	5019	4600	4246	3943	3680	3300
10 / 100 / 250	36,500	0.0003582	6	8596	6877	5731	4911	4298	3780	3438	3126	2865	2644	2455	2292	2149
			8	11462	9169	7641	6548	5731	5040	4584	4168	3228	3526	3274	3056	2865
			10	14328	11462	9552	8186	7164	6301	5731	5210	4776	4408	4093	3821	3582
17 / 107 / 250	49,900	0.00042447	6	10186	8125	6791	5821	5093	4527	4062	3704	3395	3134	2910	2716	2546
			8	13582	10833	9055	7761	6791	6036	5416	4939	4527	4179	3880	3621	3395
			10	16978	13542	11319	9702	8489	7546	6771	6174	5659	5224	4851	4527	4244
8 / 110 / 250	37,000	0.00038507	6	9081	7201	6000	5142	4501	4000	3600	3273	3000	2769	2571	2400	2250
			8	12001	9601	8000	6856	6001	5334	4901	4364	4000	3692	3428	3200	3000
			10	15002	12002	10001	8570	7501	6668	6001	5455	5000	4616	4285	4000	3751

DIMENSIONS en MILLIMÈTRES	POIDS par mètre en kilogr.	$\frac{1}{n}$	COEFFICIENTS de sécurité	CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE SUR UNE PORTÉE DE : M 2,00	M 2,50	M 3,00	M 3,50	M 4,00	M 4,50	M 5,00	M 5,50	M 6,00	M 6,50	M 7,00	M 7,50	M 8,00
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
14 — 116 — 250	48,400	0.00045424	6	10859	8685	7238	6204	5428	4825	4342	3948	3619	3340	3202	2895	2714
			8	14476	11580	9651	8272	7238	6434	5790	5264	4825	4454	4130	3860	3619
			10	18096	14476	12064	10340	9048	8043	7238	6580	6032	5568	5170	4825	4534
10 — 115 — 250	39,500	0.00037753	6	9060	7248	6040	5176	4530	4026	3624	3294	3020	2787	2588	2416	2265
			8	12080	9664	8053	6902	6040	5368	4832	4392	4026	3716	3451	3221	3029
			10	18101	12080	10067	8628	7551	6711	6040	5491	5033	4646	4314	4027	3775
9 — 120 — 250	39,000	0.00038748	6	9299	7412	6199	5313	4649	4146	3706	3381	3099	2813	2656	2479	2324
			8	12399	9883	8265	7084	6199	5528	4941	4508	4132	3751	3542	3306	3099
			10	15499	12354	10332	8856	7749	6910	6177	5636	5166	4689	4428	4133	3874
10 — 100 — 260	40,000	0.00037794	6	9070	7256	6046	5466	4535	4029	3628	3407	3023	2791	2733	2418	2167
			8	12093	9675	8062	7288	6046	5372	4837	4543	4032	3720	3644	3224	3023
			10	15117	12094	10078	9110	7558	6716	6047	5679	5039	4651	4555	4031	3779
15 — 105 — 260	50,000	0.00043427	6	10422	8337	6948	5908	5211	4632	4168	3789	3473	3206	2969	2779	2605
			8	13896	11116	9264	7918	6948	6172	5558	5052	4632	4275	3959	3705	3474
			10	17370	13896	11580	9898	8685	7720	6948	6316	5790	5344	4949	4632	4342
9 — 120 — 260	43,350	0.00048627	6	11670	9336	7780	6668	5835	5186	4668	4246	3890	3590	3334	3111	2917
			8	15560	12448	10373	8891	7780	6915	6224	5658	5186	4787	4445	4148	3890
			10	19450	15560	12967	11114	9725	8644	7780	7073	6483	5984	5557	5186	4862
14 — 125 — 260	55,500	0.00054260	6	13022	10417	8681	7441	6511	5787	5208	4735	4340	4006	3720	3392	3255
			8	17363	13889	11575	9291	8681	7716	6944	6313	5747	5342	4960	4523	4340
			10	21704	17362	14469	12402	10852	9646	8681	7892	7234	6678	6201	5654	5426

10 — 100 — 280	42,000	0.00047961	6	11510	9207	7673	6577	5755	5120	4603	4185	3836	3541	3288	3069	2877
			8	15347	12276	10231	8769	7673	6827	6138	5580	5115	4721	4384	4092	3836
			10	19184	15346	12789	10962	9592	8534	7673	6976	6394	5902	5481	5115	4796
15 — 105 — 280	53,000	0.00054495	6	13078	10462	8719	7473	6539	5818	5231	4755	4359	4024	3736	3631	3269
			8	17438	13950	11625	9964	8719	7758	6975	6340	5812	5365	4982	4842	4359
			10	21798	17438	14532	12456	10899	9698	8719	7926	7266	6707	6228	6053	5449
11 — 120 — 300	55,000	0.00060809	6	14593	11674	9729	8338	7296	6486	5837	5307	4864	4490	4164	3891	3648
			8	19458	15566	12972	11118	8729	8648	7783	7076	6386	5987	5559	5188	4364
			10	24323	19458	16215	13898	12161	10811	9729	8845	8107	7484	6949	6486	6080
18 — 127 — 300	71,000	0.00071308	6	17113	13690	11489	9778	8556	7604	6845	6223	5704	5265	4889	4563	4278
			8	22818	18254	15212	13138	11409	10139	9127	8297	7606	7020	6569	6084	5704
			10	28523	22818	19015	16298	14261	12674	11409	10372	9507	8776	8149	7606	7131
10 — 130 — 300	50,200	0.00065232	6	15631	12505	10420	8931	7815	6947	6252	5684	5210	4809	4465	4168	3907
			8	20841	16673	13894	11908	10420	9263	8336	7579	6947	6412	5954	5557	5210
			10	26052	20842	17368	14886	13026	11579	10421	9474	8684	8016	7443	6947	6513
15 — 135 — 300	62,900	0.00072732	6	17455	13964	11631	9574	8727	7491	6982	6347	5815	5370	4987	4654	4363
			8	23273	18619	15508	13299	11636	9988	9309	8468	7754	7160	6649	6206	5818
			10	29092	23274	19385	16624	14546	12485	11637	10579	9692	8951	8312	7758	7273
12 — 140 — 350	70,000	0.00097976	6	23514	18811	15675	13418	11757	10450	9405	8550	7837	7234	6709	6270	5878
			8	31352	25081	20900	17891	15676	13934	12540	11400	10450	9646	8945	8360	7838
			10	39190	31352	26126	22364	19595	17418	15676	14251	13063	12058	11182	10450	9797
17 — 145 — 350	84,500	0.00109135	6	26192	20953	17461	14966	13096	11641	10476	9524	8730	8059	7483	6985	6548
			8	34923	27937	23281	19955	17461	15521	13968	12699	11640	10745	9977	9312	8730
			10	43654	34922	29102	24944	21827	19402	17461	15874	14551	13432	12472	11641	10913
14 — 140 — 400	82,000	0.00124284	6	29827	23814	19885	17044	14913	13257	11907	10846	9942	9177	8522	7924	7456
			8	39770	31752	26513	22726	19885	17676	10876	14461	13256	13236	11363	10605	9742
			10	49713	39690	33142	28408	24856	22095	19845	18077	16571	15296	14204	13257	12428
19 — 145 — 400	98,000	0.00137617	6	33027	26421	22018	18873	16513	14679	13210	12010	11009	10162	9436	8807	8526
			8	44036	35228	29357	25164	22018	19572	17114	16013	14678	13549	12582	11743	11009
			10	55046	44036	36697	31456	27523	24465	22018	20017	18348	16937	15728	14679	13761

TABLEAU DONNANT LA RÉSISTANCE DES PETITES POUTRES[1]

POIDS d'une cornière par mètre courant.	CORNIÈRES DE	HAUTEURS DES POUTRES 0,160 *m*	0,180 *m*	0,200 *m*	0,220 *m*	0,250 *m*	0,280 *m*	0,300 *m*	0,350 *m*	0,400 *m*	0,450 *m*	0,500 *m*	0,550 *m*
		VALEURS DES RAPPORTS $\frac{I}{n}$ POUR 4 ORNIÈRES											
1,80 *kg*	$\frac{30 \times 30}{4}$	0,000057	0,000066	0,000075	0,000083	0,000097	0,000110	0,000119	»	»	»	»	»
2,20	$\frac{30 \times 30}{5}$	69	82	91	0,000102	0,000118	134	146	»	»	»	»	»
2,47	$\frac{35 \times 35}{4,5}$	73	84	96	107	125	142	154	0,000183	»	»	»	»
3,00	$\frac{35 \times 35}{5,5}$	87	0,000101	0,000114	128	149	170	184	219	»	»	»	»
3,07	$\frac{40 \times 40}{5}$	90	104	119	133	155	177	192	229	0,000266	»	»	»
3,50	$\frac{40 \times 40}{6}$	0,000105	122	139	156	183	209	227	270	314	0,000358	»	»
3,30	$\frac{45 \times 45}{5}$	99	115	131	148	173	198	214	256	300	340	0.000383	»
3,90	$\frac{45 \times 45}{6}$	116	135	155	174	205	233	253	303	352	403	453	0,000503
4,50	$\frac{45 \times 45}{7}$	132	154	166	199	233	267	289	347	405	462	520	578
3,75	$\frac{50 \times 50}{5}$	0,000108	0,000126	0,000144	0,000162	0,000189	0,000217	0,000236	0,000282	0,000333	0,000377	0,000424	0,000471
4,40	$\frac{50 \times 50}{6}$	127	148	169	191	224	256	279	314	390	444	500	557

5.05	$\frac{50\times50}{7}$	144	169	190	219	256	294	326	382	450	511	576	640
4.10	$\frac{55\times55}{5}$	116	136	155	175	206	236	257	308	360	412	466	516
4,90	$\frac{55\times55}{6}$	137	160	183	207	243	285	304	365	426	488	546	611
5,70	$\frac{55\times55}{7}$	156	186	201	237	279	321	349	419	490	561	633	704
5,32	$\frac{60\times60}{6}$	146	171	200	222	264	301	327	394	460	529	596	665
6,20	$\frac{60\times60}{7}$	167	196	220	255	294	346	377	454	530	609	688	768
7,00	$\frac{60\times60}{8}$	187	220	250	287	336	390	391	512	600	689	777	866
7,80	$\frac{60\times60}{9}$	206	243	280	317	376	465	471	569	666	765	864	963

VALEURS DES RAPPORTS $\frac{I}{n}$ POUR AMES DE 10 *mm* D'ÉPAISSEUR

0,000042	0,000054	0,000070	0,000080	0,000104	0,000130	0,000147	0,000206	0,000263	0,000338	0,000416	0,000504

Poids des ames de 10 *mm* . .	12,48 *kg*	14,04 *kg*	15,56 *kg*	17,16 *kg*	19,60 *kg*	21,84 *kg*	23.34 *kg*	27,23 *kg*	31.12 *kg*	35.01 *kg*	38,09 *kg*	42,79 *kg*

Nota : S'il s'agit d'une poutre à croisillons on peut se contenter de la valeur $\frac{I}{n}$ des quatre cornières : les âmes sont calculées à 10 millimètres d'épaisseur, on peut donc diviser ou multiplier la valeur $\frac{I}{n}$ pour avoir les valeurs des âmes depuis 1 millimètre jusqu'aux plus grandes épaisseurs. Exemple : nous voulons avoir la valeur d'une âme de $0,220 \times 12$ millimètres d'épaisseur, on aura $\frac{0,00080}{10} \times 12 = 0,000096$, valeur qui, additionnée à celle des cornières, donnera la valeur totale d'une poutre composée d'une âme et de 4 cornières.

D'après M. Pascal, ingénieur civil.

VALEURS CALCULÉES DE QUELQUES SECTIONS
de $0^m,200$ à $1^m,00$ de hauteur

AMES		4 CORNIÈRES	2 SEMELLES pour poutres à une seule âme	POIDS par mètre courant de la poutre	VALEUR $\frac{I}{n}$	AVEC DEUX AMES		
LARGEUR	ÉPAISSEUR					2 SEMELLES pour poutres à deux âmes	POIDS	VALEUR $\frac{I}{n}$
0,200	0,006	50 × 50 × 6	0,125 × 0,006	47k	0,000 350	»	»	»
d°	d°	d°	0,125 × 0,010	55k	0,000 440	»	»	»
d°	d°	d°	0,200 × 0,010	67k	0,000 590	0,200 × 0,010	78k	0,000 627
0,250	0,006	50 × 60 × 6	0,200 × 0,010	74k	0,000 807	0,250 × 0,006	79k	0,000 755
d°	d°	d°	0,225 × 0,010	78k	0,000 870	0,250 × 0,010	95k	0,000 992
0,300	0,006	50 × 50 × 6	0,200 × 0,010	72k	0,000 943	0,200 × 0,010	87k	0,001 025
d°	d°	60 × 60 × 6	0,200 × 0,010	76k	0,000 987	0,250 × 0,006	84k	0,000 929
d°	0,010	70 × 70 × 8	0,200 × 0,010	96k	0,001 193	0,300 × 0,010	139k	0,001 631
d°	d°	d°	0,250 × 0,010	104k	0,001 343	0,350 × 0,010	147k	0,001 781
0,350	0,006	50 × 50 × 6	0,200 × 0,010	74k	0,001 129	0,200 × 0,010	92k	0,001 243
d°	0,010	70 × 70 × 8	0,200 × 0,010	104k	0,001 541	0,300 × 0,010	147k	0,002 000
d°	d°	d°	0,250 × 0,010	108k	0,001 629	0,400 × 0,010	162k	0,002 351
d°	d°	80 × 80 × 8	0,275 × 0,010	119k	0,001 782	0,450 × 0,010	165k	0,002 592
0,400	d°	80 × 80 × 8	0,250 × 0,010	118k	0,001 990	0,350 × 0,010	168k	0,002 642
d°	d°	90 × 90 × 10	0,250 × 0,010	131k	0,002 257	0,450 × 0,010	198k	0,003 309
d°	d°	d°	0,300 × 0,010	139k	0,002 457	0,550 × 0,015	257k	0,004 774
0,450	0,006	70 × 70 × 8	0,250 × 0,010	102k	0,002 085	0,300 × 0,010	134k	0,002 506
d°	0,010	80 × 80 × 8	0,250 × 0,010	123k	0,002 306	0,350 × 0,010	175k	0,003 080
d°	d°	90 × 90 × 10	0,300 × 0,010	144k	0,002 842	0,400 × 0,010	197k	0,003 517
0,500	0,008	70 × 70 × 8	0,250 × 0,010	112k	0,002 434	0,300 × 0,010	155k	0,003 003
d°	0,010	80 × 80 × 8	0,300 × 0,010	135k	0,002 876	0,350 × 0,010	18[illegible]k	[illegible]

0,550	0,008	80 × 80 × 8	0,250 × 0,010	122k	0.002 861	0,350 × 0,010	174k	0.003 801
d°	d°	d°	0,275 × 0,010	126k	0,002 998	0,400 × 0.015	213k	0,005 137
d°	d°	d°	0,300 × 0,010	130k	0,003 436	0,450 × 0,020	259k	0,006 767
d°	0,010	90 × 90 × 10	0.300 × 0,010	152k	0,003 635	0,400 × 0,010	213k	0,004 673
d°	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,010	166k	0,004 057	0,450 × 0,010	227k	0,005 096
0,600	0,008	80 × 80 × 8	0,300 × 0,010	126k	0,003 477	0,350 × 0.010	180k	0.004 241
d°	0,010	90 × 90 × 10	0,325 × 0,010	160k	0,004 191	0,400 × 0,015	253k	0,006 384
d°	d°	100 × 100 × 10	0,300 × 0,010	162k	0,004 209	0,450 × 0,020	305k	0,008 296
0,650	0,008	80 × 80 × 8	0,300 × 0.010	136k	0,003 832	0,350 × 0,010	186k	0,004 704
d°	0.010	90 × 90 × 10	0,325 × 0,010	164k	0,004 625	0,400 × 0,010	229k	0,005 811
d°	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,010	174k	0,004 973	0,450 × 0,010	243k	0,006 307
0,700	0,010	90 × 90 × 10	0,300 × 0,010	164k	0,004 888	0,400 × 0,010	237k	0,006 383
d°	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,010	178k	0,005 444	0,450 × 0,010	251k	0,006 938
d°	d°	100 × 100 × 15	0,375 × 0,015	238k	0,007 850	0,500 × 0,015	298k	0,008 983
0,750	d°	90 × 90 × 10	0,300 × 0,010	168k	0,005 324	0,400 × 0,010	244k	0,006 987
d°	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,015	209k	0,007 196	0,450 × 0,015	293k	0,009 067
d°	d°	100 × 100 × 15	0,375 × 0,015	242k	0,008 526	0,500 × 0,020	371k	0,012 645
0,800	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,015	213k	0,007 771	0,450 × 0,010	266k	0,008 256
d°	d°	100 × 100 × 15	0,375 × 0,020	275k	0,010 650	0,500 × 0,015	340k	0,011 734
0,850	d°	100 × 100 × 10	0,300 × 0,010	182k	0,006 487	0,450 × 0,010	274k	0,008 940
d°	d°	100 × 100 × 15	0,375 × 0,020	279k	0,011 435	0,500 × 0,015	348k	0,012 652
d°	d°	d°	0,375 × 0,030	337k	0,014 521	0,500 × 0,025	426k	0,016 771
0,900	d°	100 × 100 × 10	0,300 × 0,010	186k	0,006 967	0,450 × 0,010	282k	0,009 636
d°	d°	100 × 100 × 15	0,350 × 0,015	248k	0,010 255	0,500 × 0,020	395k	0,015 761
d°	d°	d°	0,375 × 0,030	341k	0,015 497	0,600 × 0,030	521k	0,022 845
0,950	d°	100 × 100 × 10	0,350 × 0,015	225k	0,009 546	0,450 × 0,015	324k	0,012 428
d°	d°	100 × 100 × 15	0,375 × 0,030	345k	0,016 476	0,500 × 0,025	441k	0,019 142
1,000	d°	100 × 100 × 10	0,300 × 0,010	194k	0,007 956	0,450 × 0,010	297k	0,011 090
d°	d°	100 × 108 × 15	0,350 × 0,020	283k	0,013 326	0,500 × 0,020	410k	0,017 923
d°	d°	d°	0,375 × 0,030	349k	0,017 471	0,600 × 0,030	536k	0,025 801

RÉSISTANCE DES POUTRES COMPOSÉES EN TOLE ET CORNIÈRES

CALCUL DES POUTRES

Poutres à une seule âme. — Pour se rendre compte du poids que devra porter une poutre on aura : portée $\times$, par écartement $\times$, poids par mètre carré de solivage de plancher et de surcharge, c'est-à-dire qu'on procédera comme pour une solive, et, connaissant la valeur nécessaire chercher la poutre dont la valeur s'en rapproche le plus.

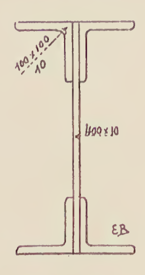


Fig. 1554.
Poutre sans semelles.

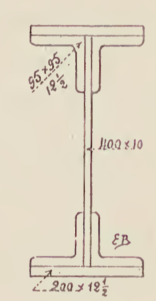


Fig. 1555.
Poutre avec semelles.

Supposons une poutre pleine (fig. 1554), on aura :

$$\frac{I}{n} = \frac{\dfrac{0{,}21 \times 0{,}40^3 - (0{,}18 \times 0{,}38^3 + 0{,}02 \times 0{,}20^3}{12}}{0{,}20} = 0{,}0014179.$$

La poutre avec tables se calcule de même (fig. 1555).

$$\frac{i}{n} = \frac{\dfrac{0{,}20 \times 0{,}40^3 - (0{,}170 \times 0{,}35^3 + 0{,}02 \times 0{,}175^3}{12}}{0{,}20} = 0{,}00232.$$

TABLEAU DES CHARGES QUE PEUVENT PORTER UNIFORMÉMENT RÉPARTIES A 9, 10, 11 ET 12 MÈTRES, DIFFÉRENTS TYPES DE POUTRES EN TÔLE ET CORNIÈRES.

PROFILS	POIDS par mètre courant	HAUTEUR de la poutre	CHARGE UNIFORME TRAVAIL = 6 KILOGRAMMES Portées de 9 à 12 m.			
			9	10	11	12
	kilog.	m.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
6 — 60 × 60 — 10 — 126	46	0,25	2 420	2 200	1 980	1 760
	48	0,30	3 190	2 900	2 610	2 320
	54	0,35	3 850	3 500	3 150	2 800
10 — 60 × 60 — 10 — 130	54	0,25	2 750	2 500	2 250	2 000
	60	0,30	3 564	3 240	2 916	2 592
	63	0,35	4 334	3 940	3 546	3 152
6 — 70 × 70 — 10 — 140	55	0,30	3 652	3 320	2 988	2 656
	57	0,35	4 488	4 080	3 672	3 264
	60	0,40	5 302	4 820	4 338	3 858
10 — 70 × 70 — 10 — 150	64	0,30	3 982	3 620	3 258	2 896
	68	0,35	4 895	4 450	4 005	3 560
	72	0,40	5 830	5 300	4 770	4 240
6 — 80.80 — 10 — 166	62	0,30	3 982	3 620	3 258	2 896
	64	0,35	4 895	4 450	4 005	3 560
	66	0,40	5 830	5 300	4 770	4 240
10 — 80 × 80 — 10 — 170	72	0,30	4 400	4 000	3 600	3 200
	75	0,35	5 412	4 920	4 428	3 936
	79	0,40	6 490	5 900	5 310	4 720
10 — 70 × 70 — 10 — 150 — 10	90	0,35	5 940	5 400	4 860	4 320
	94	0,40	7 128	6 480	5 832	5 184
	98	0,45	8 360	7 600	6 840	6 080

PROFILS	POIDS par mètre courant	HAUTEUR de la poutre	CHARGE UNIFORME TRAVAIL = 6 KILOGRAMMES Portées de 9 à 12 m.			
			9	10	11	12
	kilog.	m.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
	98	0,35	6 908	6 280	5 652	5 024
	102	0,40	8 360	7 600	6 840	6 080
	106	0,45	8 888	8 080	7 272	6 464
	116	0,40	8 580	7 800	7 020	6 240
	121	0,45	10 120	9 200	8 280	7 360
	124	0,50	11 550	10 500	9 450	8 400
	115	0,40	9 790	8 900	8 010	7 120
	120	0,45	11 308	10 280	9 252	8 224
	124	0,50	13 024	11 840	10 656	9 472
	139	0,45	12 100	11 000	9 900	8 800
	144	0,50	13 882	12 620	11 358	10 096
	150	0,55	15 730	14 300	12 870	11 440
	151	0,45	13 508	12 280	11 052	9 824
	159	0,50	15 444	14 040	12 636	11 232
	158	0,55	17 600	16 000	14 400	12 800
	174	0,55	19 800	18 000	16 200	14 400
	178	0,60	22 000	20 000	18 000	16 000
	181	0,65	24 288	22 080	19 872	17 664
	184	0,55	21 384	19 440	17 496	15 552
	188	0,60	23 815	21 650	19 485	17 320
	196	0,70	29 216	25 560	23 904	21 248

Poutres à goussets ou à croisillons. — La hauteur étant connue, on calcule la valeur des 4 cornières et fréquemment on néglige le treillis.

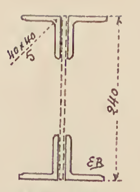


Fig. 1556.
Section de poutrelle.

Exemple (fig. 1556).

$$\frac{\frac{0,08 \times 0,24^3 - (0,07 \times 0,23^3 + 0,01 \times 0,16^3)}{12}}{12} = 0,0001481$$

Pour le calcul du treillis, le supposant incliné à 45°, la formule est : $F = \frac{P\sqrt{2}}{2}$ dans le cas qui nous occupe, ayant toujours deux barres en présence, et qui donne la force qu'on doit donner aux croisillons.

Supposons par exemple des poutrelles espacées de $1^m,70$ avec $4^m,50$ de portée et une charge totale de 120 kilogrammes par mètre carré nous aurons :

$1,70 \times 4,50 \times 120^k = 918^k$, il nous faudra donc une poutrelle dont la valeur $\frac{I}{n}$ des 4 cornières soit :

$$\frac{918 \times 4,50}{8} = 516 \text{ et } \frac{516}{8\,000\,000} = 0,0000645$$

et nous trouvons une poutrelle de $0^m,18$ de hauteur, composée de 4 cornières de :

$$\frac{0^m,30 \times 0^m,30}{0^m,004}$$

dont la valeur

$$\frac{i}{n} = 0,000066.$$

Pour le treillis :

$$F = \frac{P\sqrt{2}}{2} = \frac{918 \times 1414}{2} = 643,19$$

et, si l'on fait travailler le fer à 8 kilogrammes par millimètre carré on aura :

$\frac{647,19}{8} = 80,9$ ou $0,0000809$; et si l'on donne aux barres $0^m,025$ de largeur, l'épaisseur deviendra :

$$\frac{0,0000809}{0,025} = 0^m,003\ 1/4.$$

RÉSISTANCE DES FERS CARRÉS ET RECTANGULAIRES

HAUTEUR en millimètres.	PAR CENTIMÈTRE DE LARGEUR — POIDS courant du mètre	SURFACE de la section en millim.	VALEUR $\frac{I}{n}$	POIDS UNIFORME DE SÉCURITÉ Dont on peut charger ces fers de 0,010 d'épaisseur, pour des portées de 1 à 5 mètres, le fer travaillant à 6 kilogr. par millim. carré. — 1m	2m	3m	4m	5m
	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
14	1 092	140	0,000000326	14,558	5,796	»	»	»
16	1 248	160	0,000000426	19,202	7,704	»	»	»
18	1 404	180	0,000000540	24,510	10,152	»	»	»
20	1 560	200	0,000000665	30,360	13,840	»	»	»
23	1 794	230	0,000000991	45,726	20,172	»	»	»
25	1 950	250	0,000001040	47.970	21,060	»	»	»
27	2 106	270	0,000001218	55,494	24,588	»	»	»
29	2 262	290	0,000001401	64,938	29,076	»	»	»
32	2 496	320	0,000001706	79,394	36,008	»	»	»
34	2 652	340	0,000001926	89,798	40,916	22,854	»	»
36	2 808	360	0,000002160	100,692	46,144	26.076	»	»
40	3 120	400	0,000002666	124,880	52,660	33,970	»	»
44	3 432	440	0,000003226	159,408	74,556	44,124	»	»
47	3 666	470	0,000003681	173,014	81,008	47,892	»	»
50	3 900	500	0,000004166	196,060	92.200	54,950	»	»
54	4 212	540	0,000004860	229,068	108,076	65.124	41,402	»
61	4 758	610	0,000005201	244,892	115,484	68,726	43,468	»
68	5 304	680	0,000007706	366,976	175,392	108,088	71,784	»
81	6 318	810	0,000010934	508,882	244,864	153,646	103,478	»
108	8 424	1 080	0,000019442	924,786	449,652	285.728	200,304	143,880
140	10 920	1 400	0,000032000	1 525,080	746,160	479,240	340.320	252.400
160	12 480	1 600	0,000042000	2 003,620	983,040	634,560	452,080	340.000
180	14 040	1 800	0,000054000	2 581,960	1 268,920	821,880	591,840	442.000

Nota. — 1° Dans ce tableau, les fers sont déduits pour leur poids propre, après calcul de résistance. Dans les fers travaillant sur une portée d'un mètre par exemple, on peut négliger le poids du fer ; mais si on arrive à des portées de 4m,00 à 5m,00 on s'aperçoit que le fer, pour une section de 0m,010 × 0m,014 devrait porter uniformément réparti et *sans tenir compte de son poids* 3k,120 pour une portée de 5m,00 et que son poids propre ; 1k,092 × 5,00 = 5k,460 est très supérieur à la résistance trouvée ; 2° on peut avec ce tableau obtenir les valeurs $\frac{I}{n}$ et les résistances de tous les fers intermédiaires ou encore moindre de 0m,010 d'épaisseur. Supposons que nous voulons avoir la résistance d'un fer carré de 0m,014 × 0m,014, nous aurons : $\frac{I}{n}$ égale pour 0m,010 d'épaisseur, 0,000000326 ; donc pour 1 millimètre $\frac{0,000000326}{10} = 0,0000000326$ et pour 0m,014, 0,0000000326 × 14 = 0,0000004564.

Le même calcul fait pour la charge donnera le chiffre cherché.

RÉSISTANCE DES FERS RONDS A LA FLEXION

DIAMÈTRE en millimètres.	POIDS du mètre courant.	SECTION transversale en millimètres.	$\frac{I}{n}$	POIDS uniforme de sécurité dont on peut charger ces fers pour des portées de $0^m,50$ à 6^m le fer travaillant à 6 kilogrammes par millimètre carré.						
				0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
				kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilog.	kilog.
5	0,151	20	0,000000012	1,077	0,425	0	»	»	»	»
6	0,217	28	0,000000021	1,900	0,790	0,070	»	»	»	»
7	0,296	38	0,000000033	3,000	1,284	0,192	»	»	»	»
8	0,387	50	0,000000050	4,600	2,000	0,400	»	»	»	»
9	0,489	64	0,000000071	6,570	2,918	0,704	»	»	»	»
10	0,604	79	0,000000098	9,100	4,100	1,144	»	»	»	»
11	0,731	95	0,000000130	12,110	5,509	1,650	»	»	»	»
12	0,870	113	0,000000169	16,000	7,440	2,410	0,160	»	»	»
13	1,022	133	0,000000215	20	9,300	3.100	0,380	»	»	»
14	1,185	154	0,000000269	25	11,700	4,000	0,700	»	»	»
15	1,360	177	0,000000331	31	14,500	5,200	1,200	»	»	»
16	1,548	201	0,008000402	37	17,000	6,550	1,780	»	»	»
18	1,959	254	0,000000572	56	26	10	3,500	»	»	»
20	2,418	314	0,000000785	74	35	14	5	»	»	»
21	2,666	346	0,000000908	86	40	16	6	0 30	»	»
23	3,199	415	0,000001194	112	54	22	9	1 50	»	»
25	3,789	491	0,000001533	147	70	29	13	3	»	»
27	4,408	573	0,000001930	183	88	37	17	5	»	»
29	5,086	661	0,000002394	227	110	47	22	8	»	»
32	6,192	804	0,000003216	303	147	64	33	14	»	»
34	6,996	908	0,000003858	367	178	78	41	18	2	»
36	7,837	1 018	0,000004577	436	212	94	49	23	4	»
38	8,732	1 134	0,000005386	513	250	112	59	20	7	»
41	10,165	1 320	0,000006765	643	314	142	78	41	15	»
43	11,181	1 452	0,000007804	743	363	165	92	49	20	»
45	12,246	1 590	0,000008943	858	420	192	108	60	26	»
47	13,359	1 735	0,000010192	953	467	214	121	68	31	2
50	15.418	1 963	0,000012272	1 170	574	264	151	87	43	8
52	16.352	2 124	0,000013804	1 316	646	300	173	100	52	14
54	17,634	2 290	0,000015456	1 474	724	335	194	115	60	17
57	19.648	2 552	0,000018181	1 730	850	396	231	138	74	25
59	21.151	2 734	0,000020163	1 910	940	438	257	156	87	34
61	22,502	2 922	0,000022258	2 124	1 045	488	287	175	98	40
63	24,000	3 117	0,000024548	2 340	1 110	540	320	198	115	52
65	25.550	3 318	0,000026961	2 580	1 270	596	354	220	129	60
67	27,147	3 526	0,000029626	2 825	1 393	656	392	247	149	74
70	29.633	3 848	0,000033673	3 217	1 586	748	448	284	173	89
72	31.350	4 071	0,000036643	3 500	1 728	817	494	316	197	107
75	34,017	4 418	0,000041417	3 950	1 954	926	560	361	227	127
78	36,793	4 775	0,000046589	4 450	2 200	1 044	634	411	262	150
81	39,678	5 153	0,000052174	4 970	2 456	1 168	712	464	300	176
83	41,661	5 411	0,000056134	5 355	2 646	1 260	770	504	327	196
88	46,832	6 082	0,000066903	6 400	3 164	1 510	929	614	407	253
90	49,062	6 362	0,000071569	6 850	3 386	1 620	1 000	662	442	278
92	51,186	6 648	0.000076487	7 320	3 620	1 730	i 070	710	470	300
95	54,578	7 088	0,000084172	8 000	3 970	1 900	1 180	780	530	340
100	60,475	7 854	0,000098174	9 380	4 640	2 230	1 380	930	630	420

RÉSISTANCE DES FERS A SIMPLE T

HAUTEUR VERTICALE	LARGEUR HORIZONTALE	ÉPAISSEUR	$\frac{I}{n}$	POIDS PAR MÈTRE	CHARGES uniformément réparties et de sécurité pour les portées de 0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
				kilogr.	kilog.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
0,015	0,015	0,003	0,00000016	0,600	18	9	»	»	»	»
0,020	0,017	0,003	0,00000029	0,850	32	16	7	»	»	»
0,025	0,020	0,004	0,00000058	1,200	64	31	14	»	»	»
0,030	0,025	0,005	0,00000101	1,600	112	55	25	14	»	»
0,035	0,030	0,005	0,00000144	2,100	160	79	36	21	12	»
0,040	0,035	0,006	0,00000266	3,350	296	146	68	40	24	13
0,050	0,046	0,007	0,00000422	5,000	470	231	108	64	39	22
0,060	0,055	0,008	0,00000700	6,600	781	386	183	111	72	35
0,075	0,125	0,013	0,00002000	19,000	2 240	1 100	522	317	204	125
0,085	0,075	0,009	0,00001950	13,000	2 178	1 079	520	325	220	150
0,090	0,170	0,013	0,00002600	24,500	2 900	1 432	679	412	265	165
0,100	0,150	0,013	0,00003100	23,150	3 520	1 740	836	520	349	231
0,017	0,020	0,004	0,00000028	1,100	31	15	»	»	»	»
0,017	0,023	0,004	0,00000030	1,200	33	16	6	»	»	»
0,017	0,026	0,005	0,00000035	1,400	39	18	7	»	»	»
0,026	0,024	0,005	0,00000078	1,700	87	42	18	10	»	»
0,030	0,030	0,005½	0,00000130	2,250	145	71	32	18	9	»
0,040	0,030	0,006	0,00000221	2,750	246	121	57	33	20	»
0,060	0,100	0,010	0,00000922	12,100	1 026	504	238	136	80	41
0,065	0,055	0,010	0,00000980	9,300	1 093	539	256	155	130	62
0,081	0,125	0,014	0,00002600	21,300	»	1 432	679	412	265	165
0,089	0,075	0,013	0,00002110	15,000	2 356	1 166	560	350	235	157
0,160	0,135	0,020	0,00014600	37,000		6 459	3 174	2 058	1 476	1 091

CORNIÈRES A BRANCHES ÉGALES

0,020	0,020	0,004	0,00000030	1,000	33	16	»	»	»	»
0,025	0,025	0,004	0,00000065	1,500	72	35	15	»	»	»
0,030	0,030	0,005	0,00000110	2,000	122	59	27	»	»	»
0,035	0,035	0,005	0,00000150	2,500	163	82	37	»	»	»
0,040	0,040	0,005	0,00000220	3,350	245	120	55	»	»	»
0,045	0,045	0,006	0,00000280	4,000	310	152	66	»	»	»
0,050	0,050	0,006	0,00000380	4,560	422	208	97	58	»	»
0,052	0,052	0,010	0,00000630	7,250	702	345	161	96	»	»
0,055	0,055	0,007½	0,00000530	5,800	590	291	137	82	»	»
0,060	0,060	0,007½	0,00000700	6,640	780	386	183	110	72	»
0,065	0,065	0,008½	0,00000820	7,800	915	452	213	131	84	»
0,067	0,067	0,007	0,00000700	6,250	780	386	183	110	72	»
0,070	0,070	0,0085	0,00001080	9,020	1 204	595	290	174	115	73
0,075	0,075	0,010	0,00001370	11,000	1 529	756	360	223	147	95
0,080	0,080	0,010	0,000 1500	11,340	1 674	828	397	246	165	108
0,085	0,085	0,010½	0,00001850	12,900	2 065	1 023	492	306	207	138
0,090	0,090	0,011	0,00002100	14,030	2 345	1 162	560	350	238	160
0,100	0,100	0,014	0,00003300	19,000	3 686	1 829	906	560	386	268

HAUTEUR VERTICALE	LARGEUR HORIZONTALE	ÉPAISSEUR	$\frac{I}{n}$	POIDS PAR MÈTRE	CHARGES uniformément réparties et de sécurité pour les portées de 0.50	1.00	2.00	3,00	4,00	5,00
CORNIÈRES A BRANCHES INÉGALES										
				kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr	kilogr.	kilogr.
0,020	0.013	0,003	0.00000025	0,680	29	13	»	»	»	»
0,025	0.015	0,003	0.00000042	0,840	45	22	9	»	»	»
0,020	0.014	0,004	0.00000034	0.880	38	18	7	»	»	»
0,025	0.016	0.005	0,00000065	1,370	71	35	15	»	»	»
0,030	0.016	0,003	0.00000061	0,980	68	33	15	»	»	»
0,030	0.018	0,005	0,00000090	1,640	99	50	21	11	»	»
0,030	0.016	0.004	0.00000061	1.000	68	33	15	»	»	»
0,035	0.018	0,004	0,00000120	1,650	173	85	39	23	»	»
0.035	0.020	0.006	0,00000150	2,240	173	84	39	23	»	»
0.040	0.018	0,005	0.00000160	2,020	176	88	40	23	»	»
0,040	0,020	0,007	0,00000220	2,830	243	120	55	31	»	»
0,050	0,045	0,006	0,00000460	5,500	500	252	115	68	41	»
0,054	0,040	0,006	0,00000400	4 040	448	220	102	61	39	»
0,054	0,040	0,007	0,00000450	4,660	500	247	115	70	44	26
0,055	0,045	0,007	0,00000452	4,805	500	247	115	70	44	26
0,063	0,050	0,010	0,00000900	8,000	1 008	496	234	142	93	69
0,070	0,035	0,005	0,00000550	3,850	614	304	146	90	61	40
0,076	0,063	0,010	0,00001360	10,200	1 500	750	360	223	150	101
0,080	0,050	0,005	0,00000800	5,000	893	443	214	134	92	64
0,080	0,050	0,007	0,00001130	6,600	1 150	570	275	172	118	82
0,083	0,076	0,010	0,00001670	11,900	1 865	923	443	276	186	127
0,089	0,076	0,010	0,00001900	12,400	2 115	1 044	508	318	216	153
0,090	0,070	0,009	0,00001600	10,000	1 789	886	428	269	184	130
0,100	0,065	0,013	0,00003000	15,785	3 345	1 660	805	513	355	256
0,100	0,080	0,012 1/2	0,00002600	15,000	2 900	1 440	700	440	304	216
0,102	0,051	0,011	0,00002400	12,000	2 680	1 332	650	412	288	210
0,102	0,076	0,011	0,00002600	14,000	2 900	1 440	700	440	304	216
0,110	0,065	0,011	0,00002800	13,000	3 130	1 550	758	483	340	247
0,120	0,080	0,015	0,00004900	22,000	5 478	2 722	1 328	848	600	439
0,120	0,080	0,013	0,00004300	19,000	4 800	2 388	1 160	740	580	380
0,120	0,090	0,015	0,00005000	2,300	5 590	2 725	1 354	864	608	445
0,127	0,076	0,013	0,00004700	19,500	5 260	2 612	1 276	817	578	426
0,140	0,070	0,010	0,00005400	20,500	6 040	3 000	1 470	946	676	500
0,140	0,080	0,014	0,00006100	22,000	6 822	3 390	1 664	1 072	766	573
0,140	0,114	0,015	0,00007000	28,000	7 825	3 890	1 900	1 223	868	644
0,150	0,070	0,014	0,00006300	21,600	7 050	3 500	1 723	1 105	800	600
0,152	0,063	0,015	0,00007400	24,000	8 275	4 120	2 024	1 300	940	709
0,177	0,076	0,013	0,00009100	25,000	12 000	5 075	2 950	1 925	1 400	1 075
0,200	0,110	0,015	0,00013400	34,080	15 000	7 470	3 682	2 400	1 740	1 330
0,205	0,115	0,020	0,00022500	46,000	25 000	12 550	6 200	4 050	2 950	2 250

NOTA. — Ces deux tableaux sont extraits de l'*Album de Serrurerie* de M. Denfer

STATIQUE GRAPHIQUE

La statique graphique est la recherche, par des moyens purement géométriques, des conditions qui concourent à établir l'équilibre d'un système quelconque de forces. Elle emploie, pour la représentation d'une force, en grandeur et en direction, une droite, sa longueur et sa position.

C'est une méthode de calcul très simple, et surtout très rapide, qui permet par un simple mesurage sur épure établie suivant une échelle, de mesurer les efforts de tension ou de compression développés dans les diverses membrures d'un système triangulé.

Nous ne voulons pas développer ici la théorie du polygone des forces et les notions du calcul graphique. Nous entendons seulement donner à nos lecteurs des exemples d'application de ce calcul à de nombreux modèles de systèmes articulés, fermes de combles et poutres.

Dans tous les systèmes que nous représentons ici par de simples lignes, les traits fins représentent les membrures soumises à un effort de traction, et les traits forts, celles soumises à un effort de compression.

Pour les pièces soumises à un effort de traction, il suffit de leur donner une section correspondant à la charge indiquée par l'épure, et suivant le coefficient de sécurité adopté.

Pour les pièces soumises à la compression, il faut tenir compte du flambage, c'est-à-dire du fléchissement latéral qui peut se produire dans les pièces chargées en bout et qui est d'autant plus à craindre que le rapport entre la plus petite dimension transversale et la longueur est plus considérable.

D'après la formule demi-empirique de Rankine, la tension admissible k_2 dans une pièce à extrémités libres comprimée dans le sens de sa longueur, est donnée par l'expression :

$$k_2 = \frac{P_1}{S}\left(1 + \alpha \frac{l^2 S}{J}\right)$$

de là on obtient la charge admissible.

$$P_1 = \frac{S k_2}{n}, \text{ où } n = 1 + \alpha \frac{l^2 S}{J}.$$

Valeur des lettres :

P_1 Charge admissible ;

S Surface de la section transversale ;

h Plus petit côté de la section rectangulaire :

J Moment d'inertie de la section ;

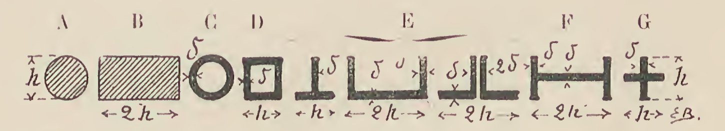
l Longueur de la pièce.

Nous donnons d'après Huguenin la table suivante qui contient les valeurs du coefficient n pour différents rapports $\frac{l}{h}$, c'est-à-dire pour différents quotients de la longueur l de la barre divisée par la plus petite dimension h de la section transversale.

On pose pour : fer, $k_2 = 750$; fonte, $k_2 = 1\,500$; bois $k_2 = 70$ kg. par cm^2.

Dans le calcul de la table on a pris :

Pour le fer, $\alpha = 0{,}0001$; fonte, $\alpha = 0{,}0008$; bois, $\alpha = 0{,}0008$. et pour les figures D et E : $h = 30\ \delta$ pour le fer et $10\ \delta$ pour la fonte.



	Fer Nos des figures						Fonte et bois (Fig. A et B) Nos des figures					
$\frac{l}{h}$	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	G
5	1,04	1,03	1,02	1,02	1,06	1.05	1,32	1.24	1,19	1,15	1,24	1,44
10	1.16	1,12	1,09	1,06	1,25	1,18	2,28	1,96	1.78	1,58	1,95	2,77
12	1,23	1.17	1,12	1,09	1,36	1,26	2.84	2,38	2,12	1,84	2,37	3,55
14	1.31	1,24	1,17	1.13	1,49	1,36	3,51	2,88	2,53	2,15	2,86	4.48
16	1.41	1,31	1,22	1,16	1,60	1.46	4,28	3,46	2,99	2.50	3,43	5,54
18	1,52	1,39	1,28	1,21	1,82	1,59	5,15	4,11	3,53	2,90	4,07	6,75
20	1,64	1,48	1,34	1,26	2,01	1,73	6,12	4,84	4,12	3,34	4.79	8,10
22	1,77	1,58	1,41	1,31	2,22	1,89	7,19	5.65	4.78	3,83	5,59	9,59
24	1,92	1,69	1,49	1,37	2,46	2,06	8,34	6,53	5,49	4,37	6.43	11.2
26	2.08	1,81	1,58	1,43	2,71	2,24	9,65	7,49	6,27	4,96	7,41	13,0
28	2,25	1,94	1,67	1,50	2,98	2,43	11,0	8,52	7,12	5,59	8,44	14,9
30	2,44	2,08	1.77	1,58	3,28	2,65	12,5	9,64	8,02	6,26	9,54	17,0
32	2,64	2,23	1,88	1,66	3,59	2,88	14,1	10,8	9,00	7,00	10.7	19,2
34	2,85	2,39	1,99	1,74	3,92	3,12	15,8	12,1	10,0	7,77	12,0	21,5
36	3,07	2,56	2,11	1,83	4,28	3,38	17,6	13,4	11,1	8,58	13,3	24,0
38	3,31	2,73	2,23	1,93	4,65	3,65	19,5	14,9	12,3	9,45	14,7	26,6
40	3,56	2,92	2,37	2,03	5,05	3,93	21,5	15,4	13,5	10,4	16,2	29,4
42	3,82	3,12	2,51	2,43	5,46	4,24	23,6	17,9	14,8	11,3	17,7	32,3
44	4,10	3,32	2,65	2,24	5,90	4,55	25,8	19,6	16,1	12,3	19,4	35,4
46	4,38	3,53	2.81	2,36	6,35	4,88	28,1	21,3	17,5	13,4	21,1	38,6
48	4.69	3,76	2,97	2,48	6,83	5,23	30,5	23,1	19,0	14,5	22,9	41,9
50	5,00	4,00	3,14	2,60	7,32	5,59	33,0	25,0	20,5	15.6	24,7	45,4
55	5,84	4,63	3,59	2,94	8,65	6,55	39,7	30,0	24,6	18,7	29,7	54,7
60	6,76	5,32	4.08	3,31	10,1	7,70	47,1	35,6	29,1	22,1	35,2	64,9
65	7,76	6,07	4,61	3,71	11.7	8,75	55,1	41,6	34,0	25,7	41,1	76,0
70	8,84	6,88	5,19	4,14	13,4	9,99	60,4	48,0	39,3	29,7	47,5	88,0
75	10,00	7,75	5,81	4,61	15,2	11,3	73,0	55,0	44,9	33 9	54,4	101.0
80	11, 2	8,68	6,47	5.10	17,2	12,7	82,9	62.4	50,9	38,5	61.7	115.0
90	14,0	10, 7	7,93	6,19	21,5	15,8	105,0	78,8	64,2	48,4	77.9	145,0
100	17,0	13. 0	9,55	7,41	26,3	19,3	129.0	97,0	79,0	59,5	95,9	178,0

Comme nous l'avons vu, ce tableau est calculé pour des pièces à extrémités libres, on peut donc s'en servir pour déterminer la section nécessaire pour poteaux, colonnes, etc., sans tenir compte de la base plate qui souvent est mal calée et repose mal, ou d'un demi-encastrement qui ne sera pas toujours réel ; ce sera seulement un appoint de sécurité qui compensera les défauts pouvant exister dans la matière.

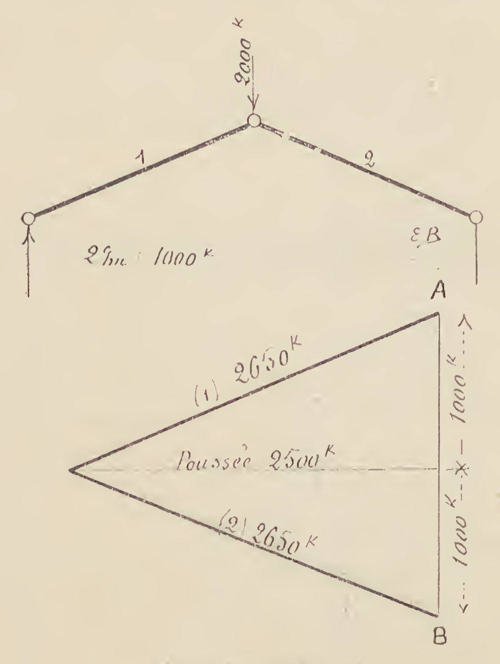


Fig. 1557 et 1558.

Si nous voulons par exemple savoir quelle section en millimètres il faudra donner à un poteau de 4 mètres de hauteur, de $0^{m},20$ de largeur dans sa plus petite dimension transversale et d'une section en forme I, nous verrons d'abord que $\frac{4,00}{0,20} = 20$, rapport $\frac{l}{h}$, puis nous chercherons dans la colonne des rapports le chiffre 20 et sur la même ligne dans la colonne de la figure F nous trouverons 1,73.

Si nous adoptons le coefficient de travail 8 kg., nous diviserons 8 kg. par 1,73 et nous aurons $4^{kg},624$, travail que dans cette proportion de la largeur à la hauteur on peut imposer au métal composant le poteau.

Supposons maintenant que le poteau aura à supporter une charge de 15 000 kg., il nous suffira de diviser 15 000 kg. par 4kg,624 pour avoir le nombre de millimètres carrés que doit présenter la section, soit 3 243 millimètres.

Dans la charpente, les pièces comprimées peuvent souvent être considérées comme demi-encastrées ou même comme encastrées ; dans ce cas, les coefficients indiqués au tableau

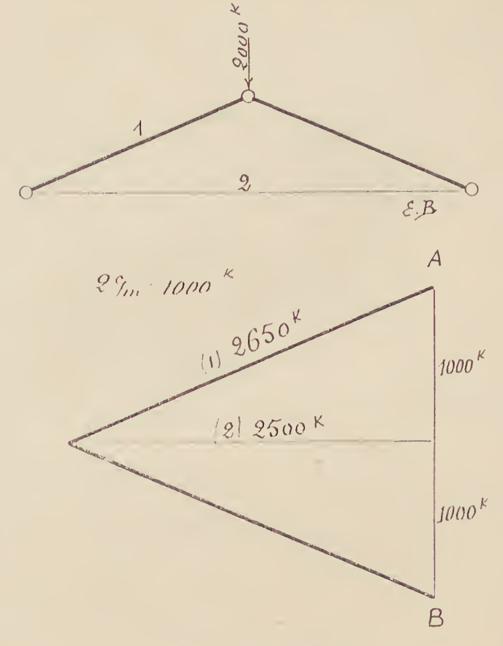


Fig. 1559 et 1560.

peuvent être réduits en les multipliant par 0,7 pour demi-encastrement, ou par 0, 5 pour encastrement.

La recherche des efforts par les procédés graphiques est très simple, et, si l'on a pour le système adopté une figure indiquant la marche à suivre, il n'est pas indispensable de posséder une connaissance complète de la statique, il suffit de suivre la marche indiquée par nos schémas que nous donnons assez nombreux pour répondre à tous les cas de la pratique courante.

Dans le calcul graphique on ne s'occupe pas du travail de flexion qui doit être calculé à part, si une charge quelconque repose uniformément répartie ou en un point dans l'intervalle

entre deux nœuds. Toutes les charges sont placées sur les nœuds comme l'indiquent toutes nos figures.

Le cas le plus simple est celui que nous représentons figures 1557, 1558. C'est un comble sans tirant, on suppose que deux constructions pourront recevoir la poussée résultant de la charge au sommet que nous fixons arbitrairement à 2000 kg.

Pour faire l'épure graphique, la direction de la charge étant

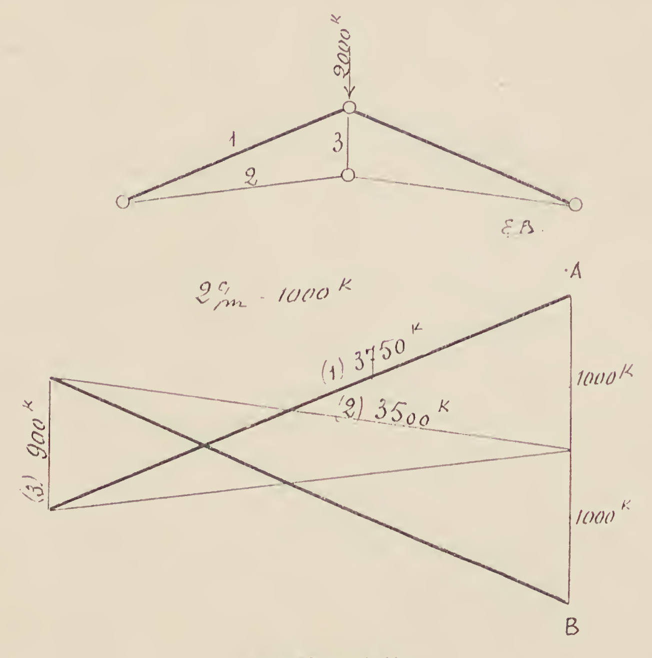


Fig. 1561 et 1562.

verticale, nous portons sur une verticale[1] la charge de 2000 kg. à une échelle quelconque (notre croquis est à $0^{m},02$) et nous menons une horizontale sur l'axe, c'est-à dire que nous avons 1000 kg. au-dessus de l'axe et 1000 kg. au-dessous. Ensuite, nous menons des lignes partant de A et B parallèles aux arbalétriers de la figure 1557 représentant la charpente, et nous les arrêtons sur l'horizontale.

Nous n'avons plus qu'à mesurer l'échelle choisie (0,02 sur

[1] Si la direction des charges était oblique, c'est sur une ligne de même obliquité que l'on porterait les charges à l'échelle choisie, toutes les autres lignes restant parallèles aux membrures.

notre croquis) l'effort produit dans la barre et nous trouvons 2 650 de kg. de compression.

Si les murs ne pouvaient pas supporter la poussée, et qu'on

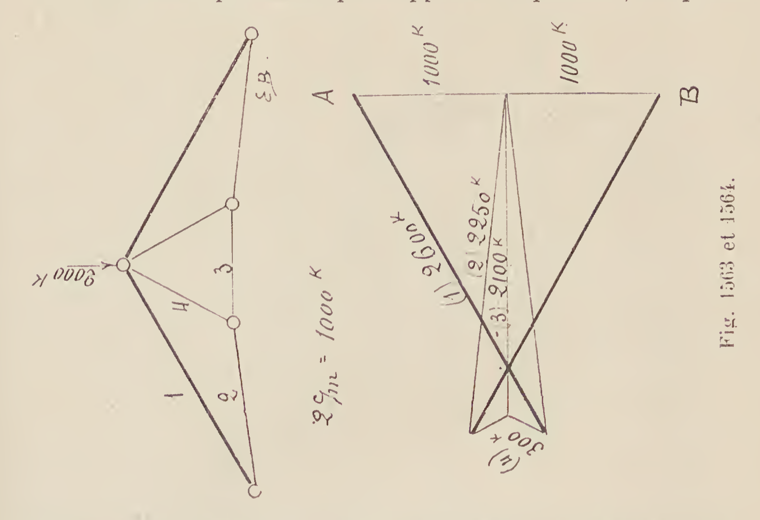


Fig. 1563 et 1564.

soit amené à mettre un entrait, celui-ci devrait résister à une traction de 2 500 kg. que nous mesurons à l'échelle sur la

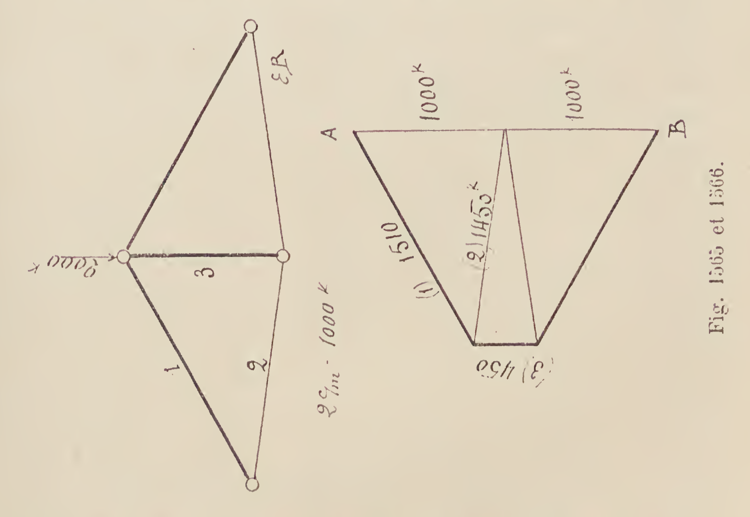


Fig. 1565 et 1566.

ligne horizontale qui serait parallèle à l'entrait s'il y en avait un, ce qui est le cas dans la figure 1559 et dans l'épure figure 1560.

Prenons encore un exemple du même ordre (fig. 1561, 1562),

mais avec entrait relevé par un poinçon ; nous indiquons la charge sur une ligne verticale comme dans le cas précédent, et

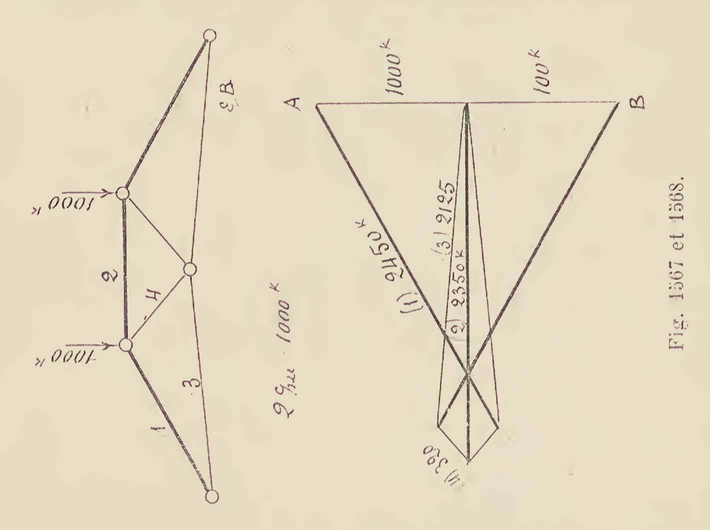


Fig. 1567 et 1568.

nous menons des parallèles aux arbalétriers et aux entraits jusqu'à ce que ces deux lignes s'intersectent ; c'est la limite des

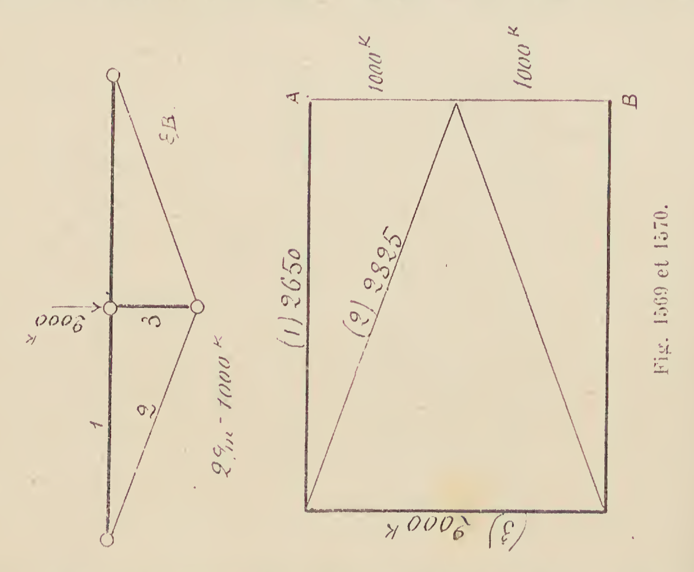


Fig. 1569 et 1570.

forces, et il ne nous reste qu'à mener une parallèle au poinçon et à mesurer les efforts produits dans les barres.

Ce dernier exemple nous montre que plus l'entrait est relevé au-dessus de l'horizontale plus le travail imposé aux barres devient considérable.

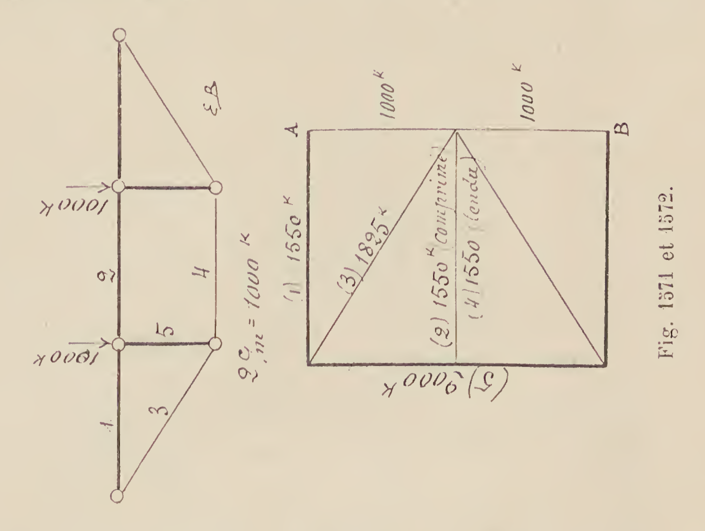


Fig. 1571 et 1572.

Les figures 1563, 1564 montrent l'épure d'une petite ferme à entrait polygonal, nous supposons toujours les mêmes charges

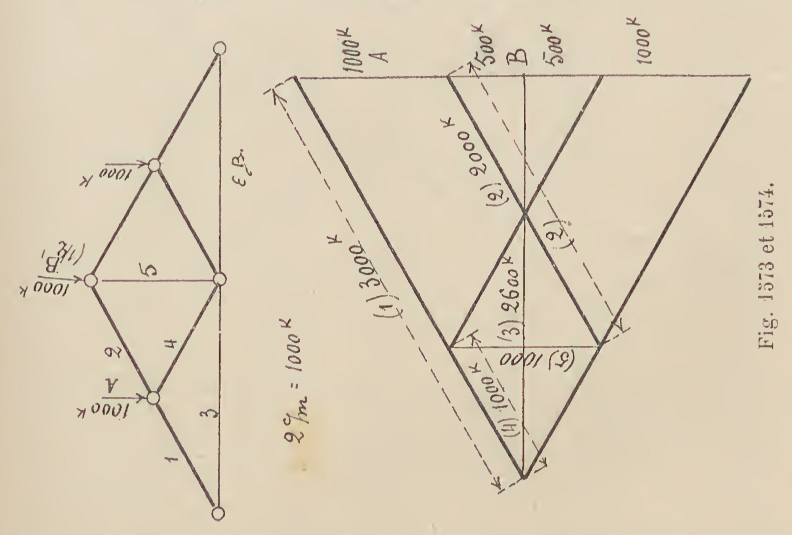


Fig. 1573 et 1574.

que nous portons à l'échelle sur la verticale AB et nous menons des parallèles aux lignes nos 1, 2, 3, 4 qui, mesurées à la même

échelle, 0,02 pour 1 000 kg., nous donnent les résultats inscrits sur notre figure 1564.

La figure 1565 est du même système que celle représentée figure 1561, mais avec entrait baissé au-dessous de la verticale. Cette disposition s'emploie rarement parce que l'entrait est une

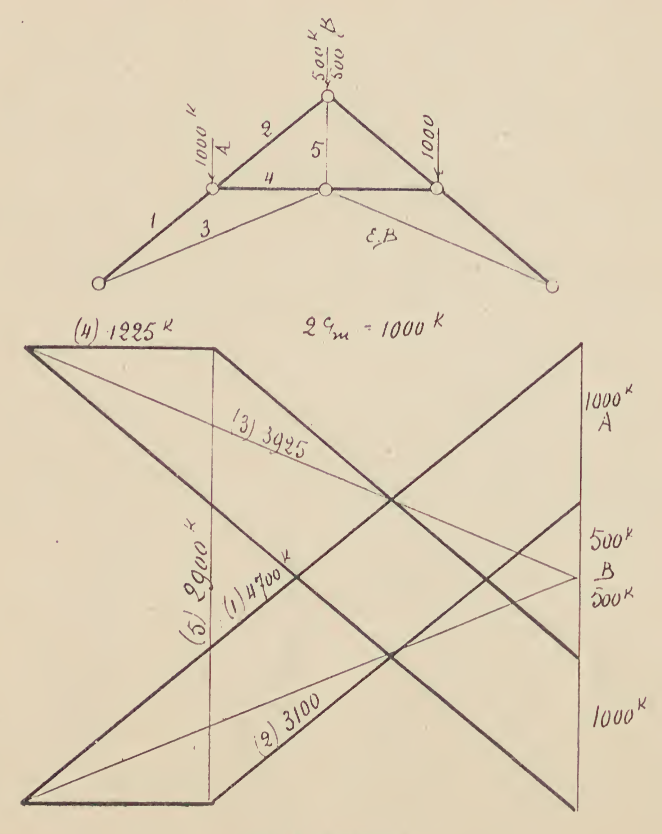


Fig. 1575 et 1576.

gêne et oblige à augmenter la hauteur des piédroits ; nous ne l'avons indiquée que pour bien montrer que les efforts diminuent figure 1566 quand on augmente l'inclinaison du comble et quand on descend le poinçon au-dessous des points d'appui.

Les figures 1567, 1568 représentent une ferme polygonale ou, si l'on veut, une poutre. La marche à suivre est la même que dans les cas précédents.

Les figures 1569, 1570 nous montrent une poutre sous-ban-

dée, les charges supposées sont les mêmes que dans les exemples précédents. Après avoir porté les charges sur la ligne AB on

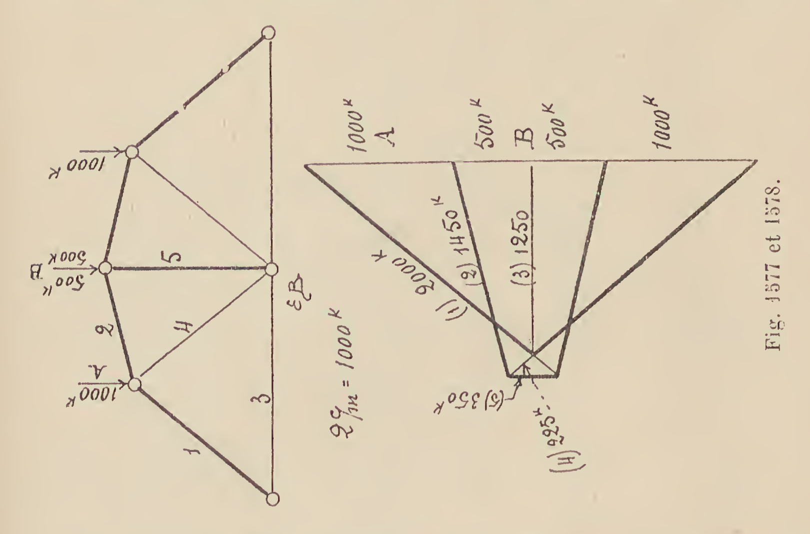


Fig. 1577 et 1578.

mène des parallèles aux différentes membrures et on mesure les efforts à l'échelle.

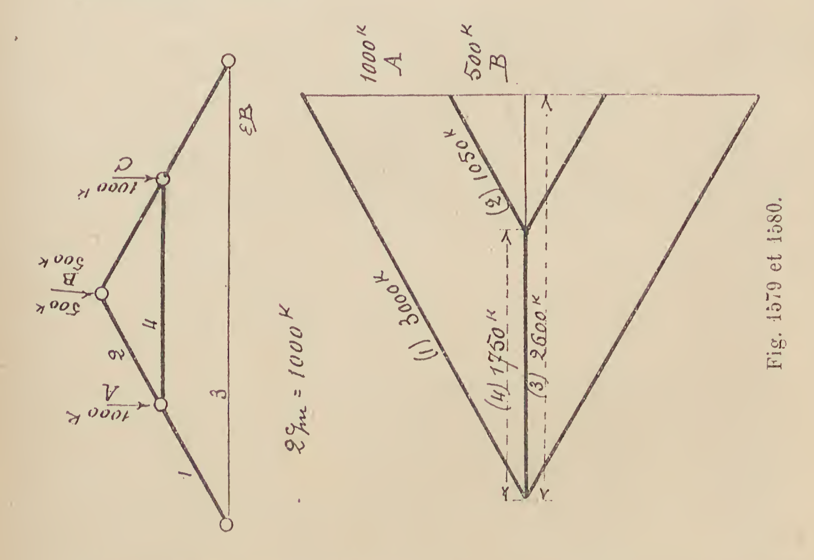


Fig. 1579 et 1580.

On fait aussi des poutres sous-bandées avec plusieurs poinçons figures 1571, 1572. Le tracé est le même, mais on obtient

des fatigues moins considérables. On remarquera que sur l'épure les membrures 2 et 4 se confondent; elles ont un travail équivalent, mais la membrure 2 travaille à la compression et on devra tenir compte pour celle-ci du flambage.

Avec les figures 1573, 1574 nous abordons les fermes simples

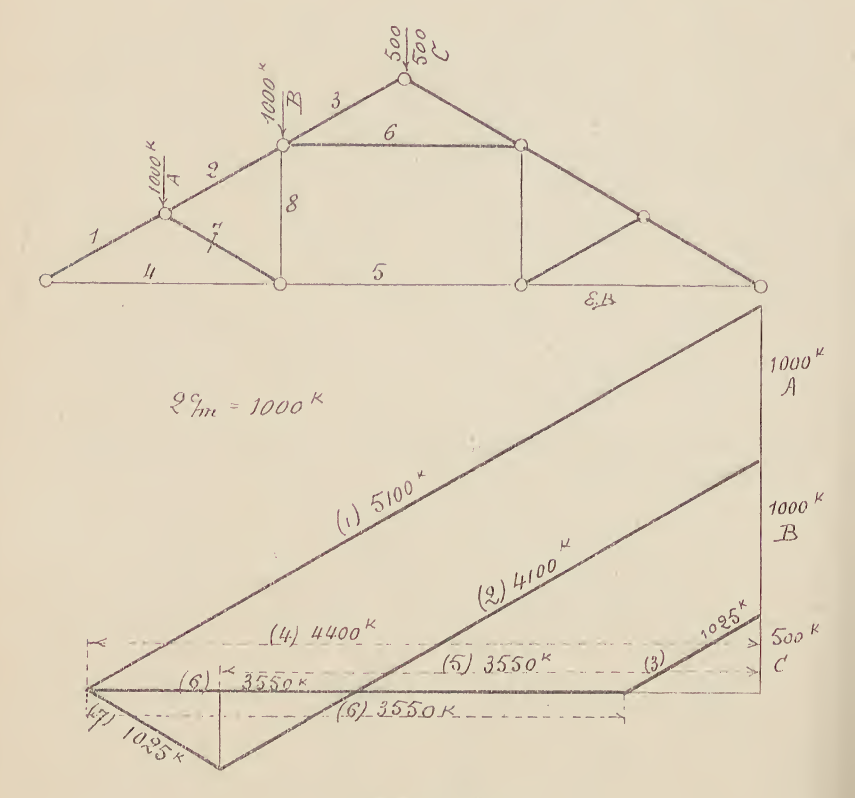


Fig. 1581 et 1582.

comportant deux cours de pannes. La marche à suivre est toujours la même, nous ferons seulement remarquer que l'effort 4 se mesure sur la partie de l'effort 1 après son intersection avec l'effort 2.

Les figures 1575, 1576 représentent le schéma d'une ferme à deux pannes avec entrait retroussé et tirant relevé, et l'épure graphique des efforts.

Voici, figures 1577, 1578, encore une ferme ou poutre polygonale. On emploie rarement cette forme, on fait de préférence

un arc qui permet l'utilisation de l'espace sans être gêné par des tirants et poinçons.

Dans la ferme à 2 pannes représentée avec son épure graphique figures 1579, 1580, il n'y a pas de poinçon. L'entrait

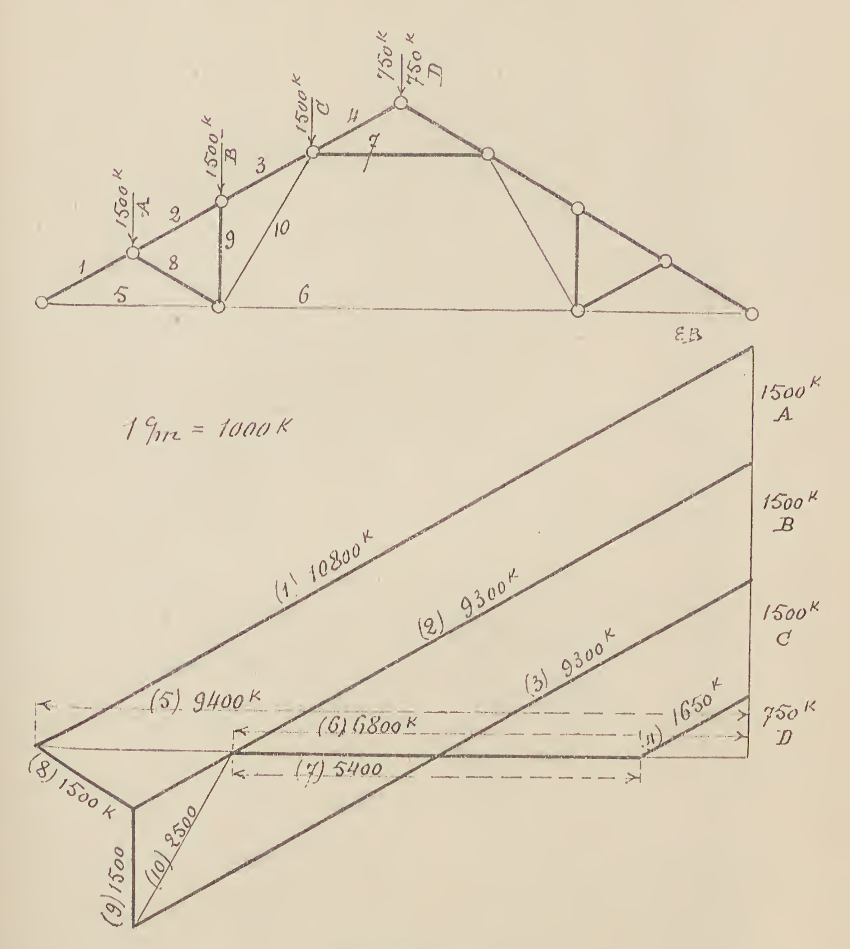


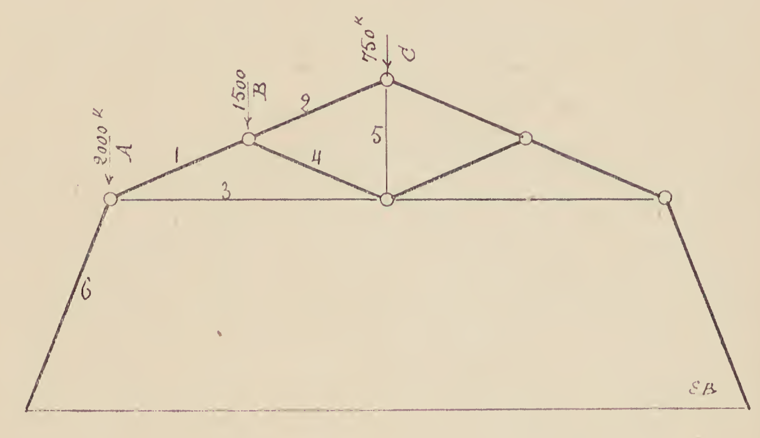
Fig. 1583 et 1584.

retroussé empêche la flexion des arbalétriers et, comme nous l'indiquons par un trait fort, il est comprimé. L'entrait du bas, tendu, empêche la poussée de l'ensemble.

Les figures 1581, 1582 représentent une ferme à quatre cours de pannes, qui peut être construite entièrement en fer ou en

bois et fer en employant le bois pour les membrures comprimées et le fer pour celles tendues.

Dans le même ordre d'idée, les figures 1583, 1584 montrent une erme à six cours de pannes qui peut aussi être construite en



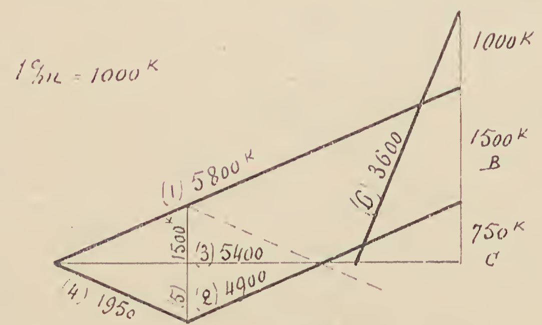


Fig. 1585 et 1586.

bois et en fer ou totalement en fer. Dans notre épure, un centimètre représente 1 000 k.

Dans la construction de bâtiment, la ferme à la Mansard (fig. 1585-1586) s'emploie fréquemment, il nous a paru utile d'en donner un exemple. On remarquera que le faux comble constitue une ferme du genre de celle représentée (fig. 1573). Tout se borne donc à obtenir la force des pièces de bois. Pour cela, on prend moitié de la surface 1, moitié de la surface 6, on additionne et on divise par 2 ; cela donne la charge que l'on commencera à inscrire à l'échelle choisie sur la ligne verticale à partir de A et ensuite on marquera les charges indiquées sur

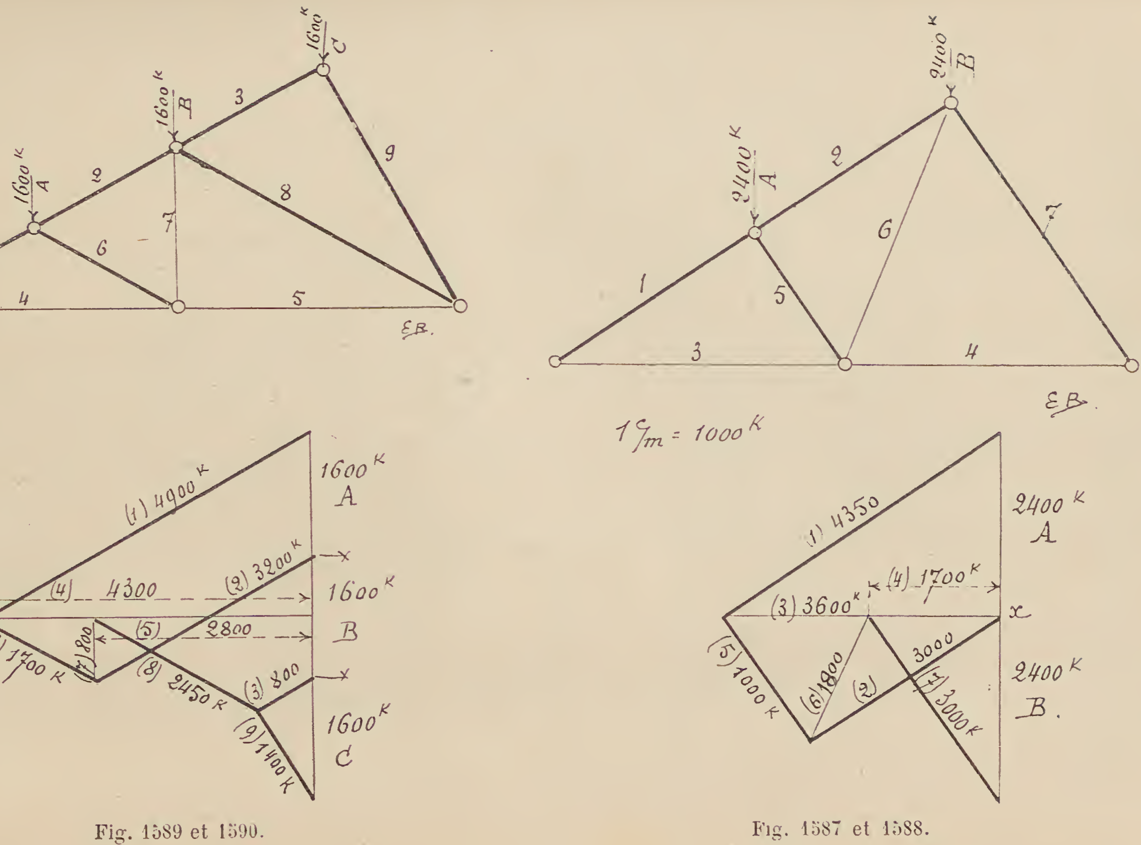


Fig. 1589 et 1590.

Fig. 1587 et 1588.

les autres nœuds, on mènera les parallèles aux membrures suivant les indications de l'épure et on mesurera à l'échelle les efforts obtenus.

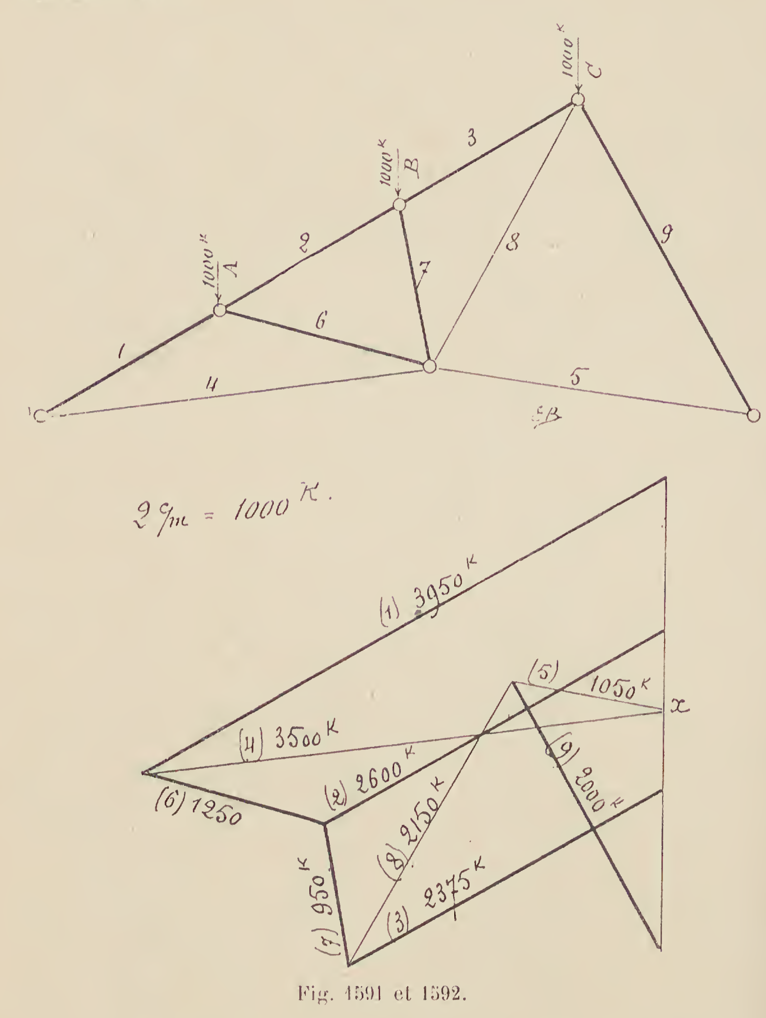


Fig. 1591 et 1592.

Les fermes dites Shed sont très employées dans les bâtiments industriels ; la partie dont l'inclinaison est la plus considérable est vitrée et exposée au nord parce que c'est cette orientation qui donne la lumière la plus favorable (fig. 1587, 1588). Les charges s'inscrivent de même à l'échelle choisie et on mène des parallèles comme pour les précédents exemples.

La même forme, avec plusieurs nœuds, est représentée figures 1589, 1590 et un autre système également de forme Shed, figures 1591, 1592.

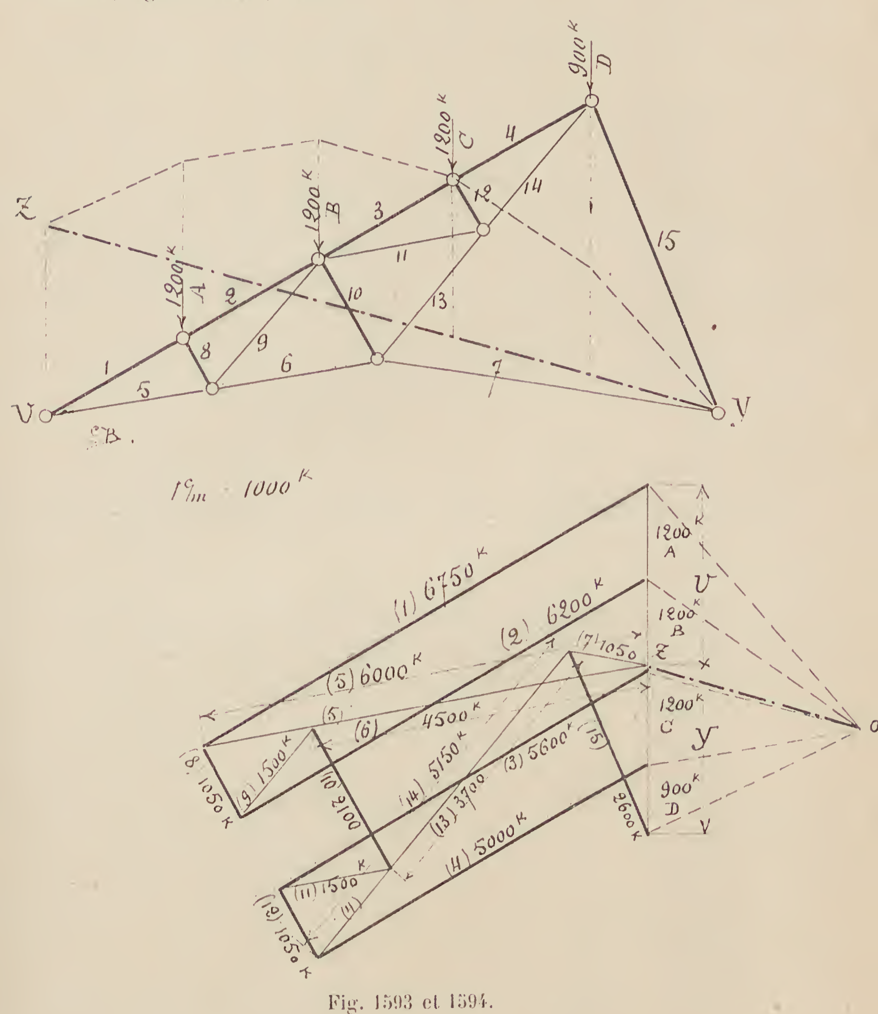


Fig. 1593 et 1594.

On a pu voir au seul examen des figures représentant des fermes Shed, que ces fermes sont dissymétriques. Or pour les charpentes qui se trouvent dans ces conditions il faut, après avoir inscrit les charges sur la verticale, fixer le point x qui marque la limite des réactions sur les appuis.

Prenons par exemple, la ferme Shed représentée figures 1593,

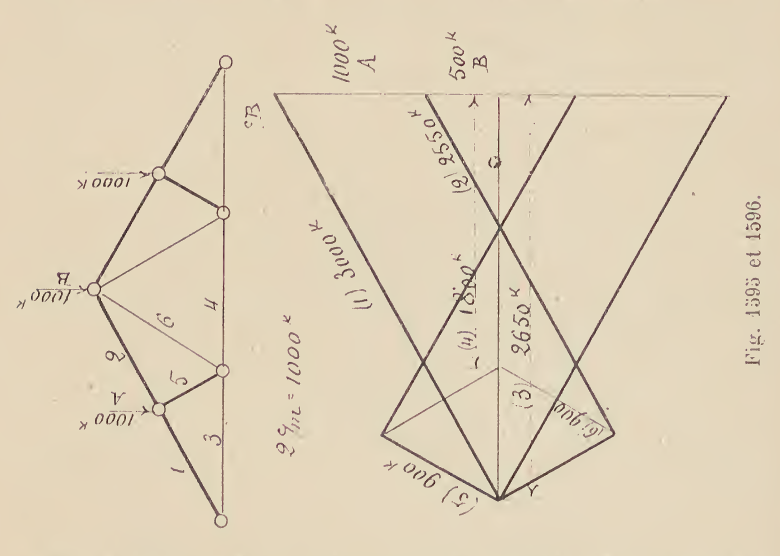


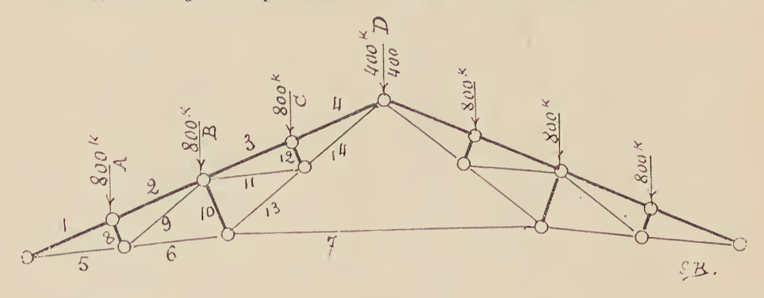
Fig. 1595 et 1596.

1594. L'addition des charges nous fait connaître la somme des

Fig. 1597 et 1598.

deux réactions ; pour fixer leur importance réciproque, d'un

point *o*, choisi arbitrairement formons le polygone des charges (fig. 1594), puis, sur la figure 1593 traçons, en partant d'un point d'appui, des parallèles aux lignes du polygone et allant de charge en charge qui nous donnera le funiculaire dont la ligne de fermeture *zy* sera parallèle à *ox* de l'épure figure 1594 et on



1 c/m = 1000 K.

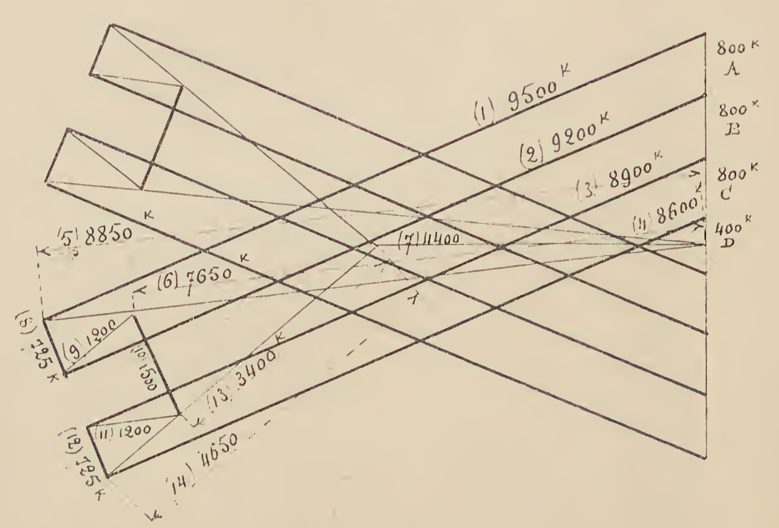


Fig. 1599 et 1600.

pourra mesurer à l'échelle les réactions *vy* sur les points d'appui et c'est du point d'appui que partira l'entrait n° 5 qui déterminera l'effort dans la barre 1.

Nous allons examiner maintenant la ferme française due à Polonceau. Les figures 1595, 1596 représentent une ferme de ce modèle avec entrait horizontal. Les figures 1597, 1598 montrent la même ferme avec entrait relevé ou polygonal.

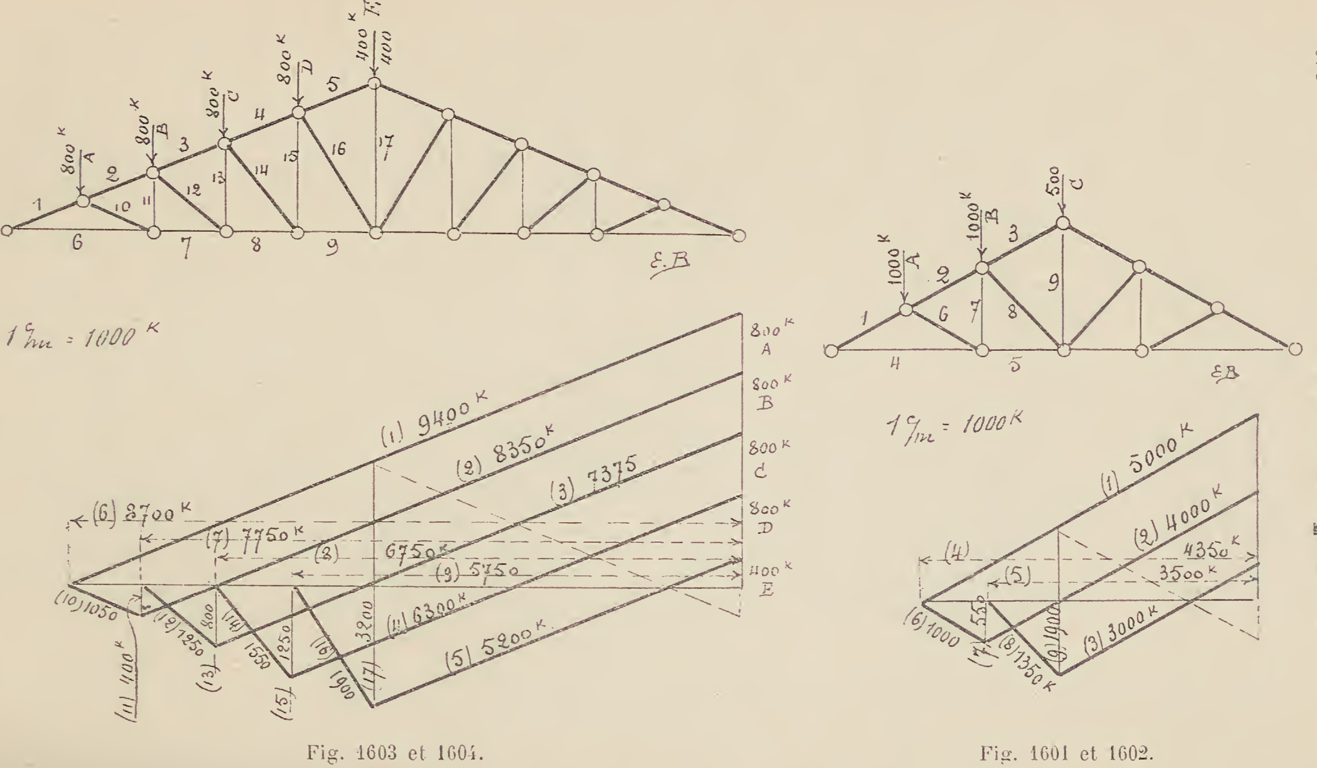


Fig. 1603 et 1604.

Fig. 1601 et 1602.

Les fermes Polonceau présentent cet avantage que les pièces comprimées sont plus courtes qu'avec les autres systèmes et par conséquent moins sujettes au flambage. L'exemple que nous donnons figures 1599, 1600 est à six contre-fiches.

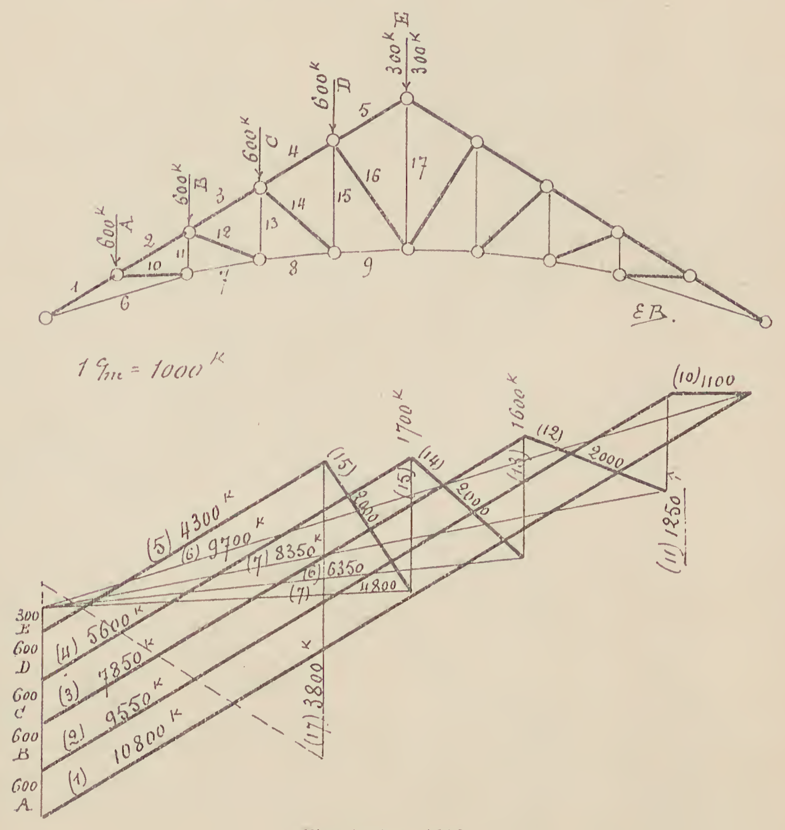


Fig. 1605 et 1606.

Nous arrivons au type de ferme le plus couramment employé, et que nous appellerons ferme américaine. Le premier exemple à quatre contre-fiches représenté figures 1601, 1602 se construit généralement en cornières de section appropriée aux efforts qu'indique l'épure.

Le nombre des contre-fiches est indéfini, il en faut une à chaque panne et naturellement, elles sont d'autant plus nombreuses que la portée est plus grande. Dans l'exemple figures 1603, 1604 nous donnons une ferme américaine à huit

contre-fiches et entrait horizontal ; comme le montrent les figures 1505, 1606, l'entrait peut être relevé ou même polygonal de manière à former une courbe. Mais, comme on peut s'en

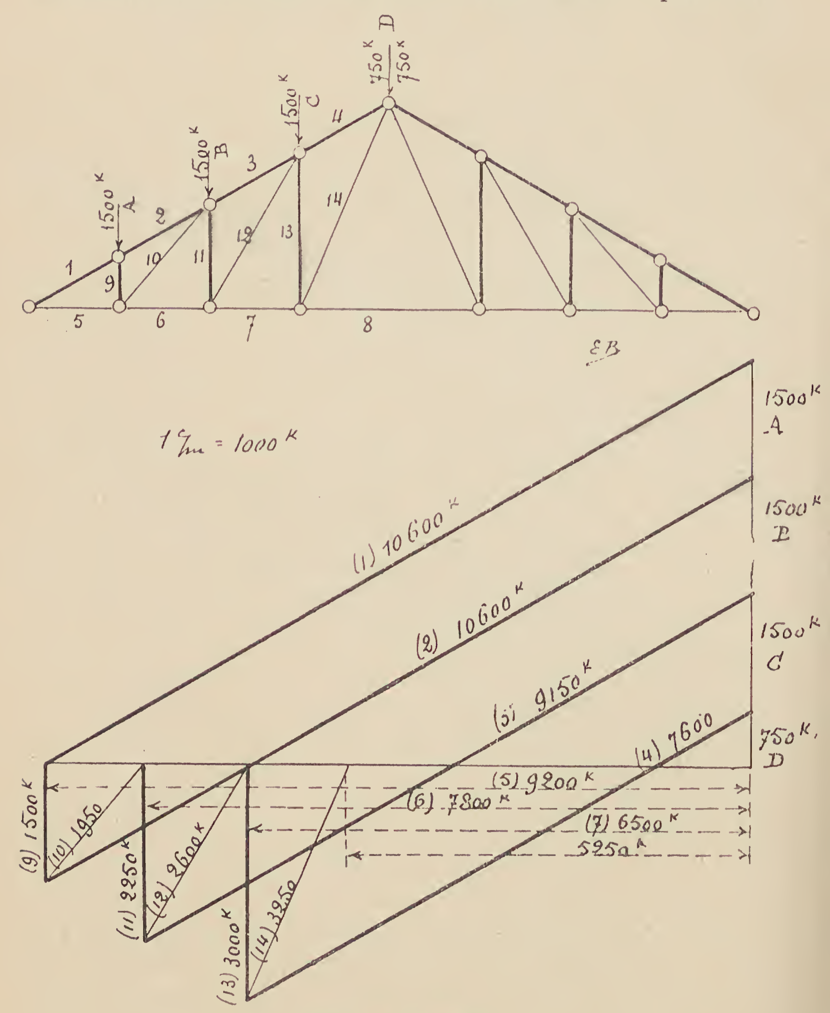


Fig. 1607 et 1608.

rendre compte par le seul examen comparatif des épures 1604 et 1606, les efforts dans les barres sont plus considérables dans le dernier bien que les charges sur les nœuds soient supposés inférieurs d'un quart, et que, à charges égales, la différence serait encore plus grande.

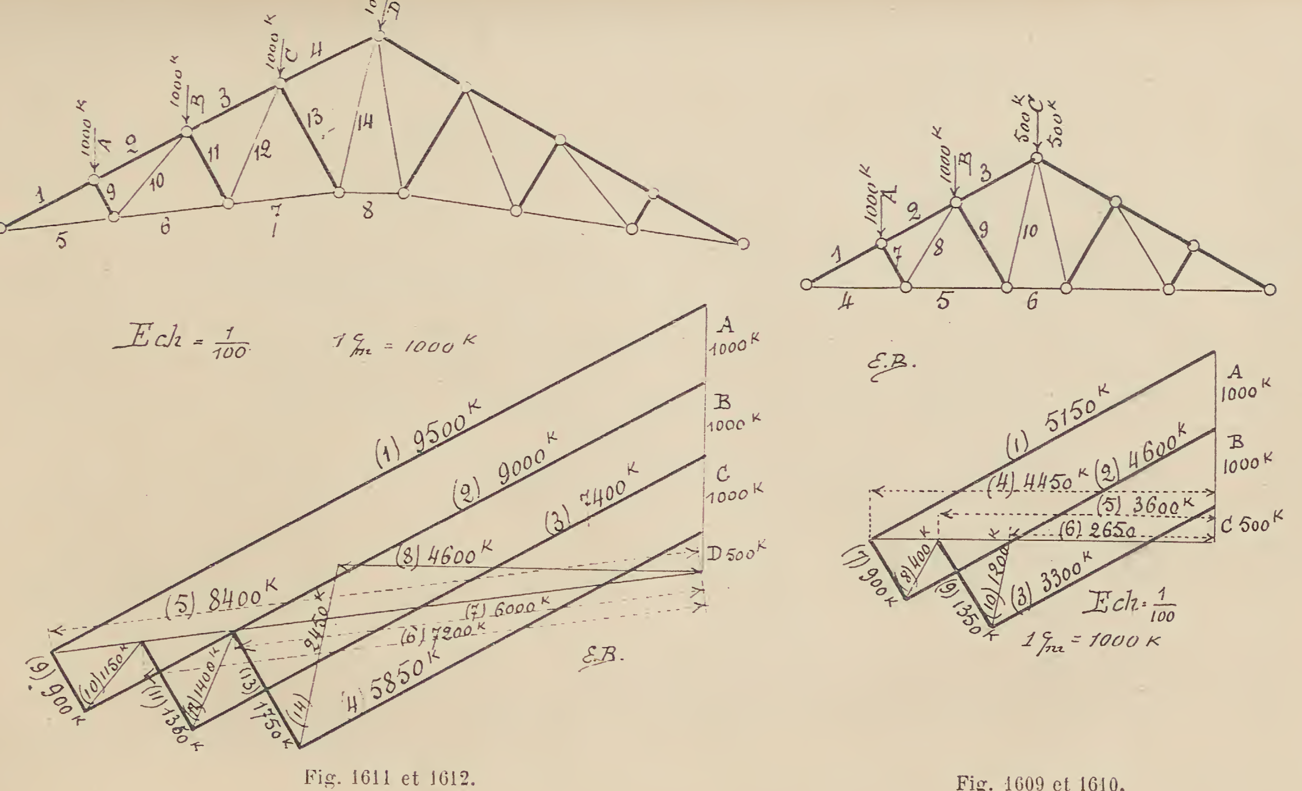


Fig. 1611 et 1612.

Fig. 1609 et 1610.

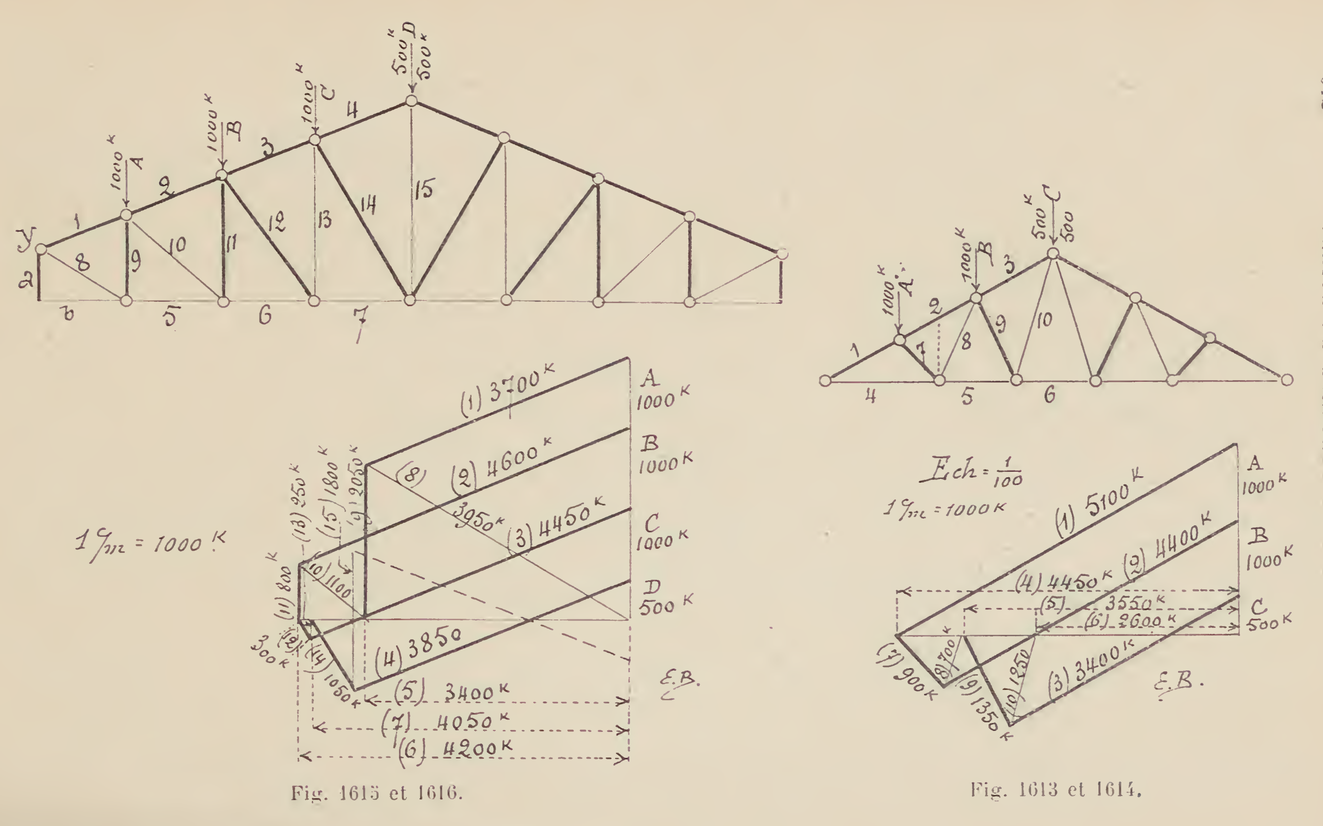


Fig. 1615 et 1616.

Fig. 1613 et 1614.

Les figures 1607, 1608 représentent une ferme du type anglais et son épure graphique des efforts. Dans cette disposition, on

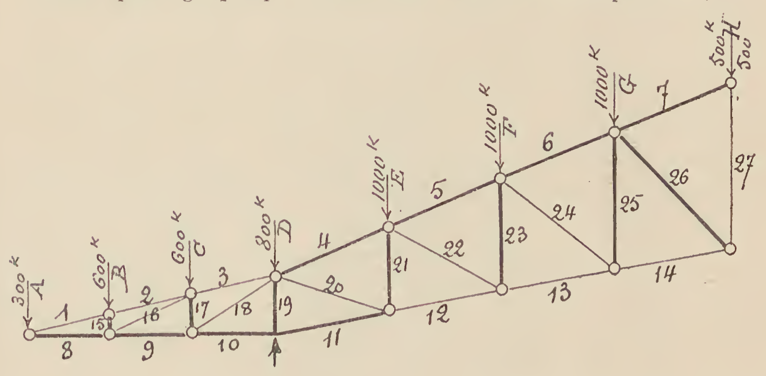


Fig. 1617 et 1618.

remarquera que les membrures comprimées sont plus courtes que celles tendues, ce qui est un sérieux avantage au point de vue de la matière plus considérable que nécessite le flambage.

Le type belge, dans lequel les contre-fiches sont perpendicu-

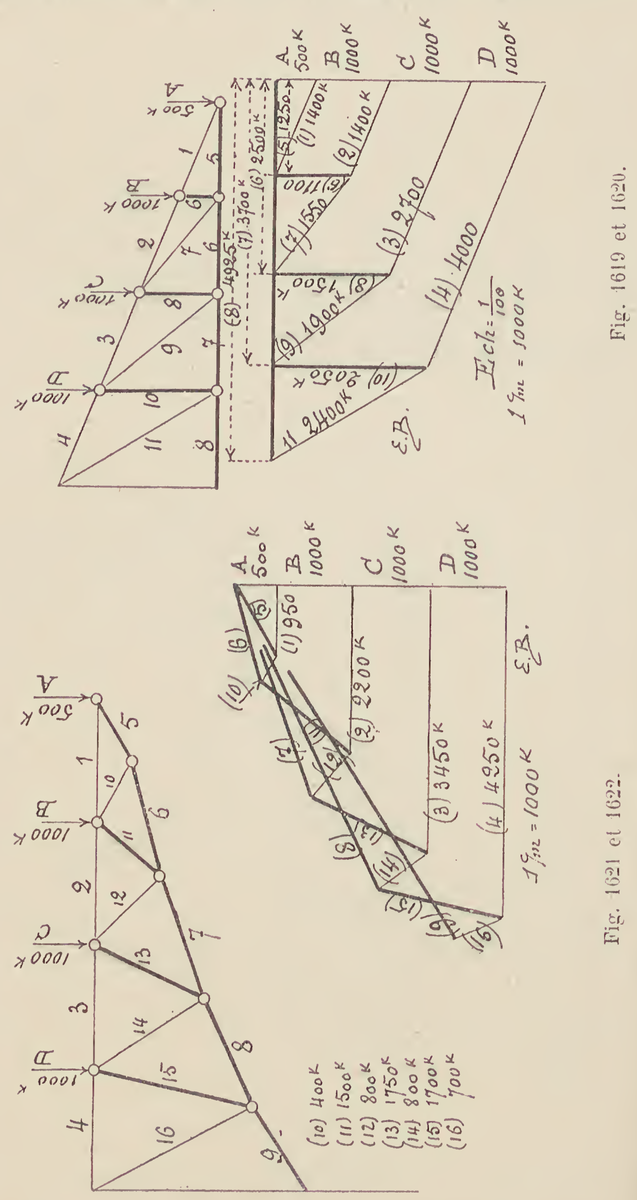


Fig. 1619 et 1620.

Fig. 1621 et 1622.

laires aux arbalétriers (fig. 1609, 1610). La même ferme, mais

avec entrait relevé, est représentée figures 1611, 1612 et enfin dans les figures 1613, 1614 nous indiquons une disposition dans laquelle les contre-fiches sont établies de manière à ce que le nœud sur entrait tombe à l'aplomb du milieu de la distance entre deux nœuds sur l'arbalétrier.

Les figures suivantes 1615, 1616 donnent une disposition de ferme-poutre qui a l'avantage de ne pas nécessiter de contreventement. En effet, la hauteur de la ferme au pied, qui est

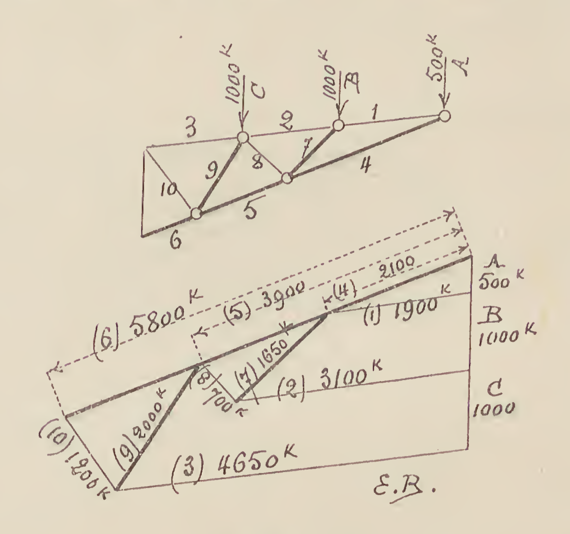


Fig. 1623 et 1624.

nulle dans les autres systèmes, contribue à l'équerrage du tout. On remarquera sur ces figures que le travail n'est plus le même, ce que nous indiquons par des traits fins et des traits gros pour différencier les pièces tendues des pièces comprimées; que les pièces *a* et *b* ne sont pas comprises dans le calcul, et que le point d'appui se trouve en réalité en *y*. On voit que cela revient à un entrait polygonal placé au-dessous des points d'appui.

Voici, maintenant (fig. 1617, 1618), un modèle de ferme de hangard avec auvent en dehors des points d'appui. Comme on le voit, les membrures supérieures de la ferme sont comprimées et celles de l'auvent tendues.

L'épure d'une marquise, sans ferme, se fera de la même façon (fig. 1619, 1620).

Le type belge appliqué à une marquise sans être accolé à

une ferme donne l'épure que nous représentons figures 1621, 1622.

Si la membrure inférieure est droite on obtient l'épure figures 1623, 1624.

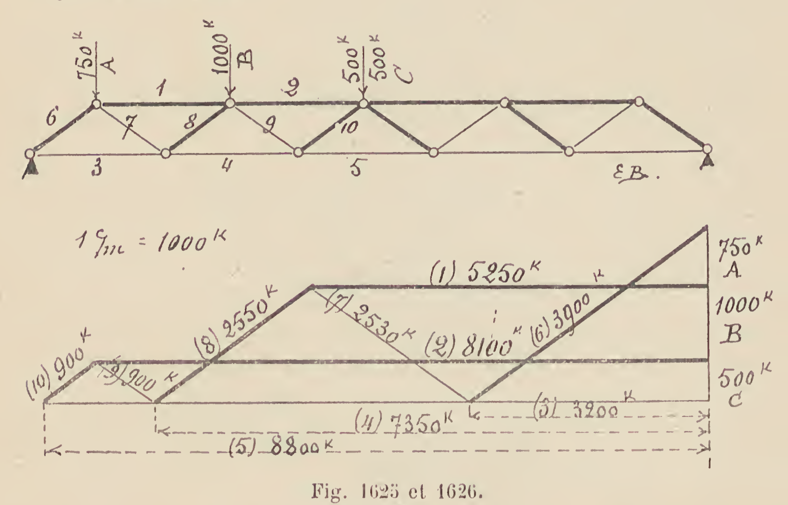


Fig. 1625 et 1626.

Les mêmes procédés graphiques s'appliquent au calcul des poutres croisillonnées, figures 1625, 1626 (poutre de Warren).

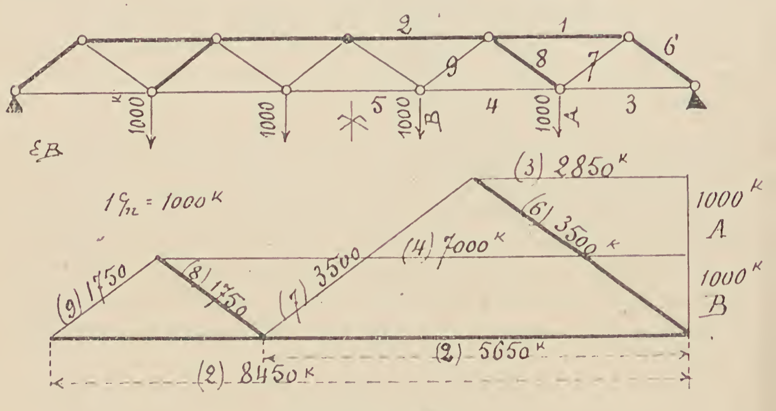


Fig. 1627 et 1628.

Les charges étant toujours supposées verticales, on inscrit leurs valeurs à l'échelle sur la ligne AB, et on mène des parallèles aux membrures comme dans les précédentes épures.

Dans cet exemple les charges sont supposées agir à la partie

supérieure, si, inversement on suspendait les charges par-

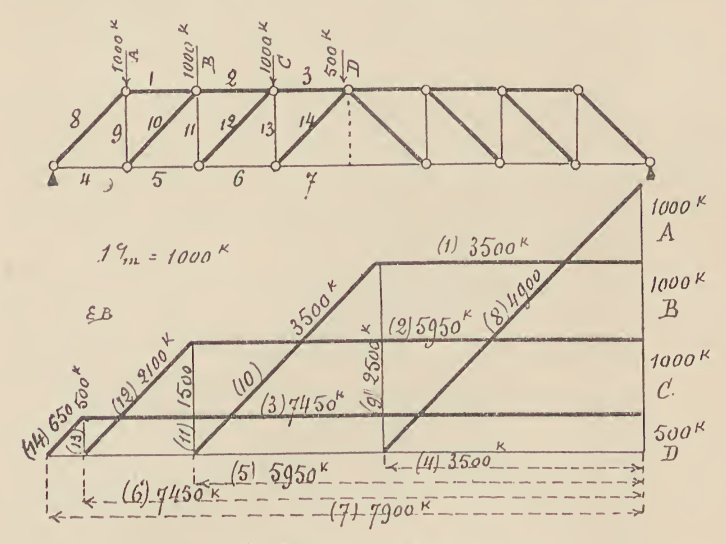


Fig. 1629 et 1630.

dessous, le travail changerait et l'épure deviendrait les tracés indiqués figures 1627, 1628.

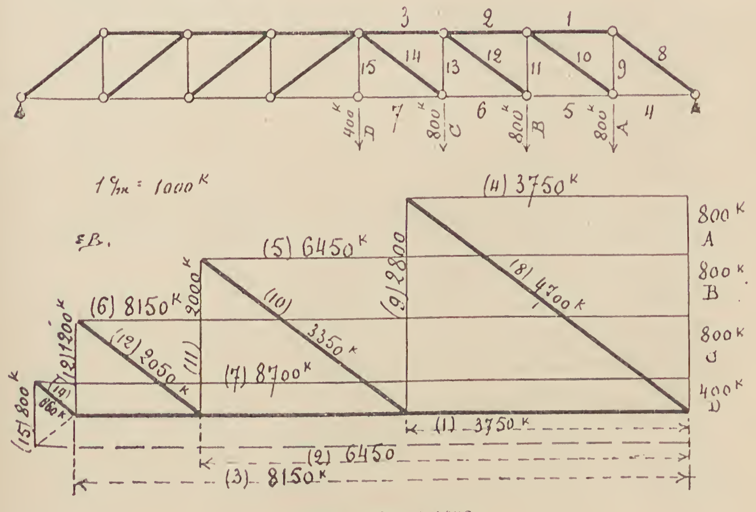


Fig. 1631 et 1632.

Les figures 1629, 1630 (poutre de Howe), charges reposant à

la partie supérieure donne l'épure figure 1630. Si on charge une poutre de même système à la partie inférieure, figures 1631, 1632, on obtient les efforts indiqués sur le dynamique figure 1632.

Ici se place une remarque : dans les poutres, le travail des membrures horizontales, supérieure et inférieure, va en croissant du point d'appui au milieu. L'inverse se produit pour les barres de treillis, elles sont plus chargées vers les points d'appui et n'ont qu'une fatigue relativement restreinte au

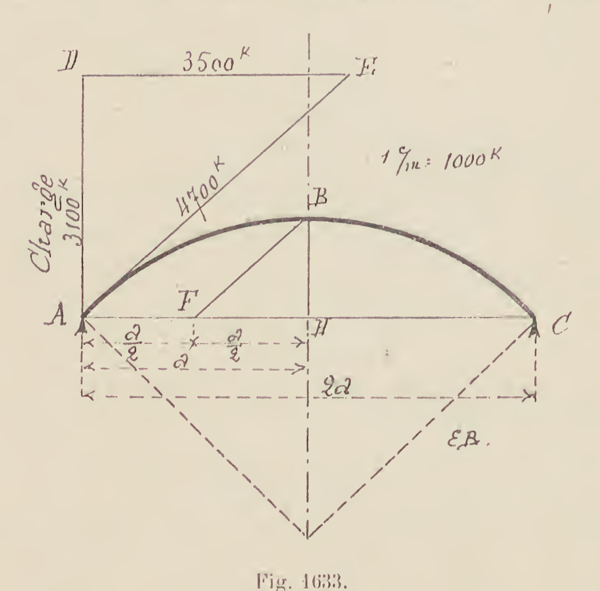


Fig. 1633.

milieu de la poutre. Cela se voit clairement sur les épures graphiques que nous avons données.

Il nous reste à dire quelques mots sur les arcs :

On peut, connaissant le poids de la couverture et les surcharges obtenir par un tracé graphique les différents efforts pour fixer les sections des membrures.

Prenons par exemple un arc surbaissé (fig. 1633) passant pas les points ABC, sous-tendu par l'entrait AC ; par le point A on mène une verticale AD sur laquelle on porte à une échelle quelconque la réaction $p\ a$ de la demi-ferme, p étant le poids par mètre courant que supporte la ferme.

Par le point D on mène une perpendiculaire à AD ; par le point F, milieu de la demi-corde AH, on mène une ligne allant

au sommet B et par le point A une parallèle à FB jusqu'à la rencontre avec la ligne DE.

La longueur DE représente à l'échelle adoptée la valeur de

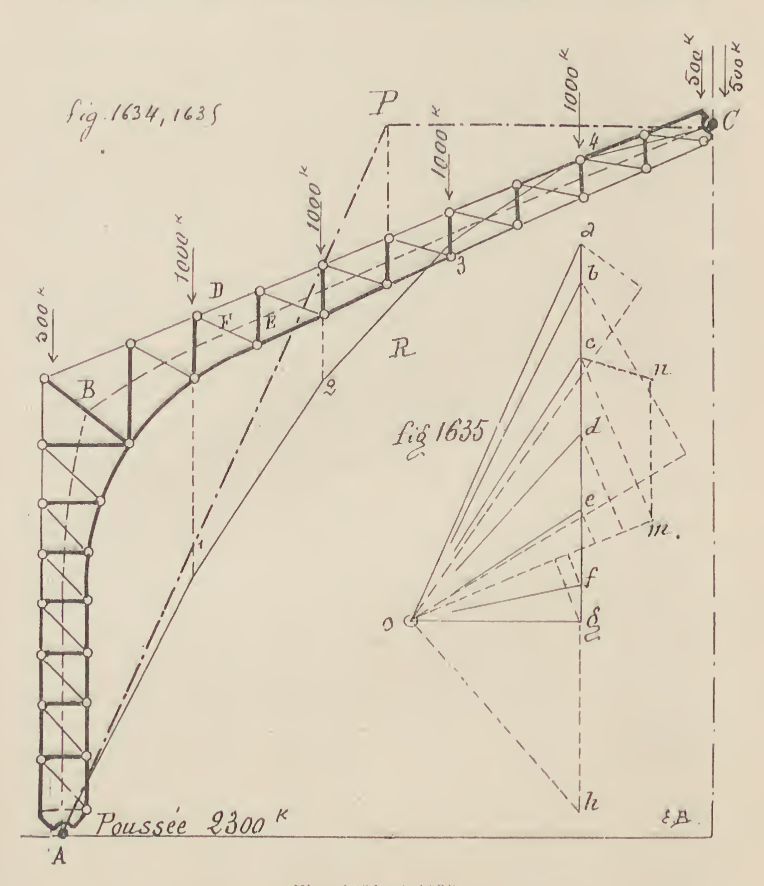


Fig. 1634 et 1635.

poussée horizontale, c'est-à-dire la tension de l'entrait, ou s'il s'agit d'un arc reposant sur culées, la poussée sur celles-ci.

La longueur AE représente la valeur de l'effort qui, au point A, tend à comprimer l'arc aux naissances.

La ferme de Dion (fig. 1634, 1635) est articulée ou rigide.

Dans le premier cas la parabole résultant des charges passe toujours par l'axe des trois rotules.

« Les charges qui agissent sur cet arc sont transmises aux nœuds de la charpente par l'intermédiaire des pannes ; leur

intensité et position se trouvent indiquées sur la figure schématique ci-dessus dessinée à l'échelle de 0,01 m. par mètre, soit 1/100. Traçons la fibre moyenne ABC ; nous supposerons la ferme réduite à cette ligne, l'erreur commise ainsi est de faible grandeur étant données ses dimensions transversales relativement petites par rapport à la portée. Recherchons le point d'application de la résultante des charges et faisons-y passer la verticale PR ; si la charge est uniformément répartie, il est clair que cette ligne doit être au milieu de la demi-portée. Enfin traçons l'horizontale CP et la ligne PA, ces deux droites sont, pour le cas des charges symétriques seulement, les tangentes extrêmes du polygone des charges.

Sur une verticale quelconque *ag* (fig. 1635) portons à une échelle choisie arbitrairement, 0,01 m. pour 1000 kg. par exemple, des longueurs *ab*, *bc*, *cd*, etc., représentant la grandeur des charges qui agissent sur la ferme à partir du pilier jusqu'à la rotule médiane. Traçons l'horizontale *go*, puis la ligne *ao* parallèle à PA ; la distance *og* représente, à l'échelle adoptée, la la poussée de l'arc ; nous trouvons ainsi pour l'exemple choisi cette poussée égale à 2300 kg.

Nous nous servirons de cette distance polaire pour tracer le polygone des charges ; joignons donc le point *o* aux points *a, b, c, d, e*... puis à partir du point A, et dans chaque intervalle compris entre les verticales des charges, menons A, 1 — 1, 2 — 2, 3 — 3, 4 — 4, C respectivement parallèles à *ob* — *oc* — *od* — *oe* — *of*. Les moments fléchissants se mesureront en chaque point, comme nous le savons déjà, par les longueurs d'ordonnées comprises entre la fibre moyenne ABC et le polygone des charges A, 1, 2, 3... ; le tracé schématique de la ferme étant fait à 1/100 et la poussée ou distance polaire étant 2 300 kg., l'échelle des moments sera $100 \times 2\,300 = 230\,000$; c'est-à-dire qu'un millimètre d'ordonnée représentera un moment fléchissant à 230 m.-kg.

Proposons-nous, par exemple, de calculer les tensions dans barres D, E, F, G, de l'un des tronçons de l'arbalétrier.

Le moment fléchissant est $31 \times 230 = 7\,130$ m.-kg. ; en ce point la hauteur de l'arbalétrier est d'environ 0,70 m., nous estimons donc la distance entre centres de gravité des membrures à 0,60 m., et les efforts de traction et de compression résultant de ce moment fléchissant seront $\frac{7130}{0,60} = 11\,880$ kg. ; pour trouver la compression de l'arc dans ce tronçon menons du point *o* une ligne *om* parallèle à la direction de la fibre moyenne dans cette portion de l'arc, puis du point *c* (la distance *gc* contenant

toutes les charges qui se trouvent à droite du tronçon considéré), abaissons la perpendiculaire *cm* ; la longueur *om* représente la compression cherchée, soit 3 500 kg. Nous aurons donc en définitive dans la membrure supérieure ou d'extrados une traction de 11 800 — 3 500 = 8 350 kg. et dans la membrure inférieure ou d'intrados, une compression de 11 880 + 3 500 = 15 380 kg.

Nous savons que *cm* représente l'effort tranchant, perpendiculaire à la fibre moyenne, dans le tronçon étudié ; des extrémités de cette ligne menons donc *cn* en parallèle au croisillon F et *mn* parallèle à G ; nous trouvons ainsi pour la barre F une traction de 1 000 kg. et pour G une compression de 1 800 kg.

Il serait facile de dresser un tableau indiquant pour tous les tronçons de la ferme les efforts de traction ou de compression que subissent les barres et par conséquent d'en déduire immédiatement les sections nécessaires.

Dans le pilier le moment fléchissant, maximum en B et nul à l'articulation A, se mesure par la hauteur du tronçon considéré, comme nous l'avons dit pour l'arbalétrier. La compression est constante sur toute la hauteur et égale au poids total porté par la demi-ferme ; enfin l'effort tranchant est également constant et égal à la poussée de l'arc, ainsi dans l'exemple choisi les traverses horizontales sont comprimées avec un effort égal à la poussée *og*, soit 2 300 kg., les diagonales sont tirées et la grandeur de cette traction est mesurée par *oh* parallèle à la direction de ces croisillons, soit 3 400 kg.

Nous voyons ainsi, qu'outre la charge verticale à laquelle il doit résister sans flamber, le pilier est soumis à un moment fléchissant et un effort tranchant absolument semblables à ceux qui se produiraient dans une poutre encastrée soumise à un effort normal situé à son extrémité et égal à la poussée de l'arc.

Dans les constructions importantes il sera bon de calculer exactement le travail du métal dans les barres comprimées. Pour des charpentes ordinaires on pourra se contenter, pour les croisillons comprimés, des relations empiriques que nous avons également données, puis pour la membrure d'intrados comprimée et souvent courbe, c'est-à-dire fléchie entre deux montants verticaux, nous prendrons un coefficient de sécurité R légèrement inférieur à celui admis pour le travail à la traction.

Comme pour les poutres d'une certaine importance, nous construirons l'arc au moyen de tôles et de cornières, les cornières seront les mêmes dans toute la longueur de l'arc, les variations de section étant obtenues, s'il y a lieu, au moyen de semelles d'épaisseurs autant que possible égales entre elles. La

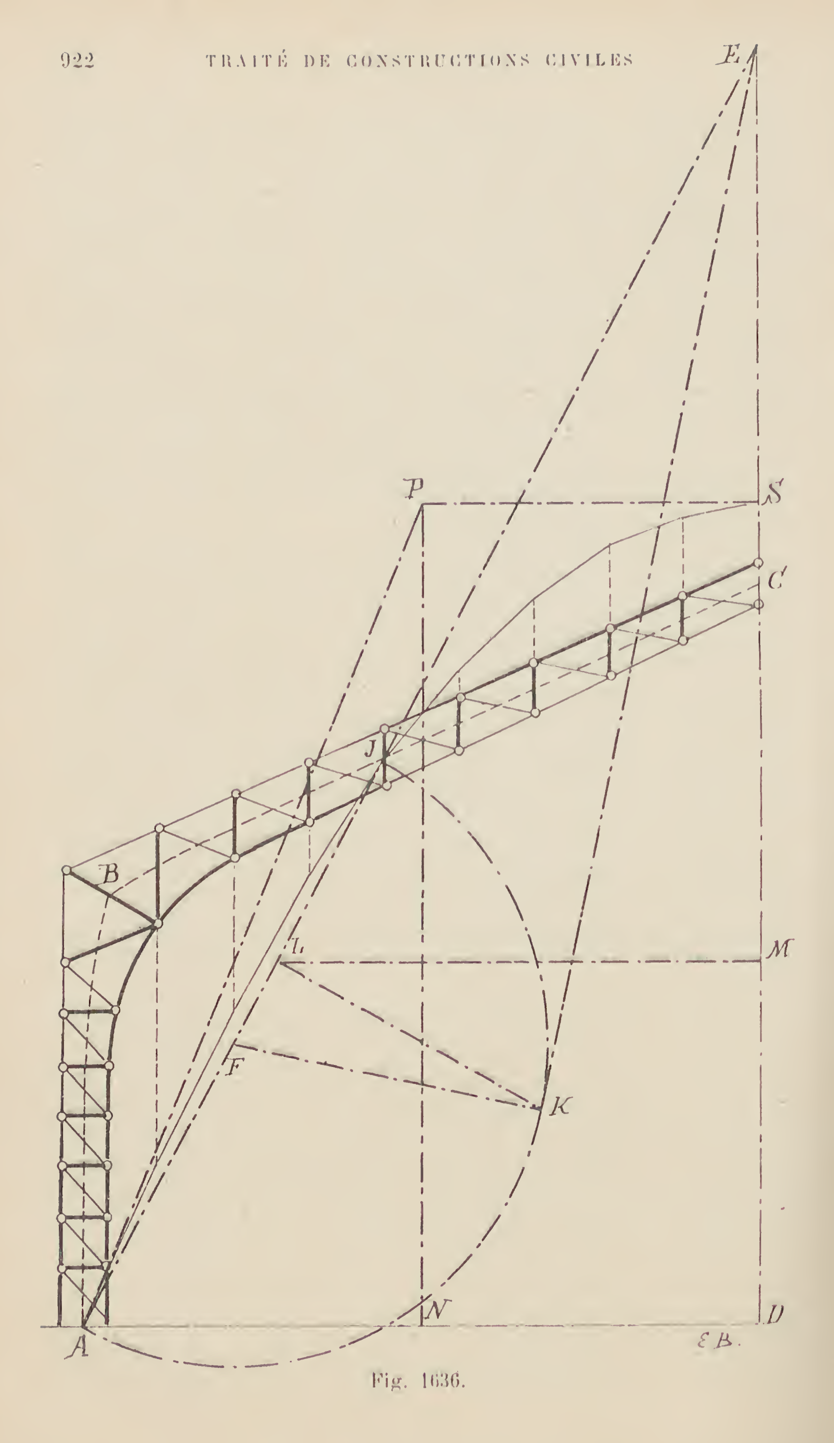


Fig. 1636.

compression dans la membrure d'intrados étant plus grande que la traction dans l'extrados, la section de l'arc sera souvent dissymétrique.

Si maintenant nous considérons une ferme de Dion (fig. 1636), chargée d'un poids uniformément réparti sur l'arbalétrier, sans rotule au sommet mais simplement articulée aux naissances, nous aurons un arc continu.

L'arc étant de section variable, son calcul exact serait fort long, mais on peut y parvenir d'une façon très approximative, pour le cas de chargement uniforme, en employant la formule suivante due à M. Levy.

Soient :

n, l'ordonnée au-dessus du sol du point inconnu J où le polygone des charges rencontre la fibre moyenne de l'arc.

H, la hauteur CD de la fibre moyenne sous faîtage ;

h, la hauteur AB du piédroit ;

a, la hauteur moyenne, mesurée au milieu de sa longueur, de la partie de poutre formant l'arbalétrier ;

b, la hauteur de la poutre constituant le piédroit ;

l, la demi-portée AD de la ferme.

Toutes ces dimensions étant mesurées sur l'épure et exprimées en millimètres nous aurons :

$$n = \sqrt{\frac{H^2 + h^2\left(1 - \frac{a\,(H - h)}{bl}\right)}{2}}$$

ou en attribuant aux lettres les valeurs trouvées sur la figure 1636 nous aurons pour l'exemple choisi :

$$n = \sqrt{\frac{\overline{97,5}^2 + \overline{57}^2\left(1 - \frac{7\,(97,5 - 57}{6 \times 90}\right)}{2}} = 74,5.$$

Nous avons ainsi le point J qui appartient à la parabole des charges.

Joignons les points A et J par une droite qui, prolongée, coupe la verticale du sommet ou l'axe de la courbe, en un point E. Sur AJ comme diamètre, construisons une circonférence à laquelle nous mènerons par le point E une tangente EK ; traçons KL perpendiculaire à ce diamètre AJ, puis LM perpendiculaire à l'axe ED. Le sommet S de la parabole se trouve au milieu de la longueur EM.

La charge étant uniformément répartie, la résultante passe

par le milieu N de AD ; traçons donc la verticale NP jusqu'à sa rencontre avec l'horizontale au sommet S, les lignes PA et PS sont les tangentes extrêmes de la courbe des charges et nous pouvons la tracer aisément.

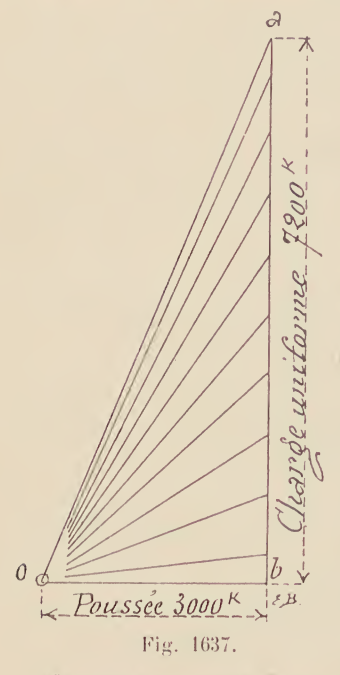


Fig. 1637.

A cet effet supposons par exemple par chaque nœud équidistant de la membrure supérieure de l'arbalétrier soit chargé d'un poids égal à 800 kg., sauf aux extrémités où il ne doit être que de 400 kg., la charge totale uniformément répartie est ainsi de 7 200 kg. Sur une verticale quelconque *a b* (fig. 1637) portons bout à bout, à l'échelle de 0,01 m. pour 1 000 kg. par exemple, toutes ces charges partielles ; menons l'horizontale *bo*, puis la ligne *ao* parallèle à PA. La distance polaire *bo* représente à l'échelle du dynamique la poussée de l'arc, c'est ainsi que pour l'exemple traité (fig. 1636 et 1637), nous la trouvons égale à 3 000 kg.

Nous savons tracer la courbe des moments fléchissants : partant du point A il suffit de mener, dans chaque intervalle formé par les verticales aux nœuds de l'arbalétrier, des droites respectivement parallèles aux divers rayons vecteurs du dynamique ; si le tracé a été soigneusement fait, nous devrons passer par le point J et aboutir au sommet S.

Le moment fléchissant la compression et l'effort tranchant se détermineront en chaque point. (Léon Griveaud. *Manuel du serrurier-constructeur*.)

CHAPITRE XVIII

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Tableaux. — Poids des différents matériaux constituant ou chargeant les planchers. — Poids des surcharges. — Poids des planchers. — Pressions exercées par le vent. — Frottement et glissement. — Surcharges accidentelles. — Réduction des pentes par mètre en degrés, et réciproquement. — Cordes pour un rayon de 1 mètre. — Nombres racines ou diamètres, circonférences, surfaces, carrés et cubes, racines carrées et cubiques de 1 à 1040. — Sinus naturels, cosinus, tangentes, cotangentes et développement des arcs pour un rayon de 1 mètre.

Renseignements. — Magasins. — Granges. — Poulaillers. — Lapinières. — Magnaneries. — Bergeries. — Porcheries. — Bouveries — Ecuries. — Puits. — Règlement concernant les saillies sur la voie publique. — Règlement concernant les saillies sur la hauteur des maisons. — Proportion de chaux et argiles de différentes natures de chaux hydrauliques. — Poids de différents hourdis de planchers. — Poids de différents murs. — Foisonnement des déblais. — Foisonnement et retrait des chaux hydrauliques. — Extraction de l'eau. — Pénétration de l'air au travers de différents matériaux. — Températures de fusion. — Températures suivant les nuances lumineuses des corps. — Pouvoir conducteur de chaleur de quelques métaux. — Dilatation linéaire. — Densités. — Températures moyennes. — Poids des tuyaux, caniveaux, plaques, conduites, châssis et tampons en fonte. — Poids par mètre carré de différents métaux ou alliages. — Poids des fers ronds. — Poids des fers à vitrage, à moulure, cornières, à U, des tôles. — Tableau des fils. — Poids des fers ronds, creux, des tonneaux galvanisés, des réservoirs cylindriques et rectangulaires et des cheminées en tôle. — Poids des fers plats et carrés de 2 à 100 millimètres.

Avertissement. — Les poids ci-dessous ne sont que des données générales, il sera toujours indispensable, avant de déterminer les dimensions des pièces résistantes d'un plancher, de tenir compte de sa destination réelle, c'est-à-dire du poids des matières que le plancher doit supporter. L'écartement des solives ne représente aussi qu'une moyenne, si pour une cause quelconque on doit donner un écartement plus grand, il suffira de mettre des fers à planchers et des entretoises suffisamment résistants, et pour cela, nos tableaux donnent tous les renseignements utiles.

POIDS APPROXIMATIFS DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION D'UN PLANCHER ET DE QUELQUES CLOISONS QUE LEDIT PLANCHER PEUT ÊTRE APPELÉ A SUPPORTER.

DÉSIGNATION	POIDS MOYEN par mètre cube.	POIDS DU MÈTRE CARRÉ pour les épaisseurs suivantes : Épaisseurs.	Poids.
	kilog.	m.	kilog.
Hourdis pleins en plâtras et plâtre (compris enduit en plâtre du plafond).	1 400 à 1 500	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	140 168 196 204 252 280
Hourdis creux en plâtre, évalués en moyenne aux 2/3 des hourdis pleins.	»	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	95 112 130 136 168 186
Hourdis en poterie et plâtre, compris aire et plafond.	»	0,10 0,15 0,20	136 140 150
Hourdis en briques pleines de $0^{m},11$ d'épais.	1 800	0,11	198
Hourdis en briques pleines de $0^{m},22$ d'épais.	1 800	0,22	396
Augets en plâtre, peu épais, pour planchers de greniers et faux-planchers, compris crépi et enduit du plafond.	»	0,025 0,050	35 70
Aire en plâtre. (Par centimètre d'épaisseur, en plus ou en moins et par mètre carré.)	» » »	0,025 0,050 »	35 70 14
Caissons, moulures des plafonds, ornements, lustres, etc.	»	grands petits	40 80
Carrelages ordinaires.	»	légers lourds	65 100
Parquets. (Épaisseur 25 millimètres.) Sapin ordinaire. Sapin lourd. Chêne ordinaire. Chêne lourd.	» » » »	» » » »	13 15 18 20

DÉSIGNATION	POIDS MOYEN par mètre cube.	POIDS DU MÈTRE CARRÉ pour les épaisseurs suivantes : Épaisseurs.	Poids
	kilog.	m.	m.
Parquet avec faux plancher.	»	»	50
Scellement en plâtre des lambourdes.	»	petites grandes	30 60
Poids moyen des lambourdes en chêne.	»	»	6 à 10
Cloisons en briques creuses.	»	0,08	90 à 100
Cloisons en carreaux de plâtre.	»	0,08	100
Cloisons en briques pleines, crépi et enduit, aux deux parements.	»	0,08	145
Cloisons en briques creuses et plâtre.	»	0,12 0,16	145 200
Entretoises, fentons, cales, etc.	»	»	6,5 à 7
Boulons d'entretoisement compris écrous.	»	»	4 à 6
Poids propre des fers à introduire dans les calculs.	»	»	30 à 60

TABLEAU DES POIDS TOTAUX A ADMETTRE DANS LES HABITATIONS ORDINAIRES (*Les portées ne dépassant pas* 6m.)

(D'après M. G. OSLET.)

DÉSIGNATION	NOMS DES DIFFÉRENTES PIÈCES: Salons	Petits salons, salles à manger.	Chambres à coucher et pièces ordinaires	Petites chambres, cabinets, etc.
	kilog.	kilog.	kilog	kilog.
Charges accidentelles.	150	100	80	60
Hourdis	150	150	150	140
Scellement des lambourdes. .	65	55	45	35
Parquet et lambourdes	30	25	25	25
Solives ou poutres, etc. . . .	55	50	45	40
Poids total à admettre par mètre carré de plancher. . .	450	380	345	300

TABLEAU DES POIDS A COMPTER PAR MÈTRE CARRÉ DE PLANCHER SUIVANT LES PRINCIPAUX CAS DE LA PRATIQUE

DÉSIGNATION DES PIÈCES	ÉPAISSEURS MOYENNES des planchers	ÉCARTEMENT D'AXE EN AXE des solives	POIDS MOYEN PAR MÈTRE CARRÉ			CHARGE TOTALE PAR MÈTRE CARRÉ de plancher	
			Hourdis en auget	Hourdis plein	Des surcharges	Hourdis en auget	Hourdis plein
	m.	m.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Pièces ordinaires, chambres, cabinets, etc., des maisons.	0.25 à 0,30	0.70 à 0.80	180	250	80 à 100	280	350
Salons ordinaires, bureaux, cabinets de travail.	0.30	0.60 à 0.75	150 à 200	275	150 à 200	350	475
Grands salons ou grandes pièces de réception.	0,30 à 0.35	0,50 à 0.70	150	300	280 à 300	450	600
Salles de réunions, d'assemblées.	0,35 à 0.40	0.40 à 0.60	200	300	300	500	600
Salons pour grandes réunions.	0.35 à 0,40	0.35 à 0.60	200	350	420	620	770
Magasins de marchandises encombrantes mais de peu de poids.	0,35 à 0,40	0.45 à 0.70	50 à 75	150	350 à 450	525	600
Magasins avec marchandises lourdes.	0.40 à 0.45	0,45 à 0.70	180	300	600	780	900
Docks et entrepôts, marchandises encombrantes. Marchandises lourdes.	0,40 0.40 à 0,45	0.50 à 0.70 0.30 à 0.60	200 300	350 400	450 900	650 1 200	1 000 1 300

PRESSIONS EXERCÉES PAR LE VENT A DIFFÉRENTES VITESSES

(D'après l'*Encyclopédie Firmin-Didot*, par Léon Renier.)

La pression exercée par le vent sur une surface plane normale à sa direction est, pour des vitesses inférieures à 10 mètres par seconde.

$$P = 2\,dsh$$

P Pressions en kilogrammes.

d Poids d'un mètre cube de l'air en mouvement $= 1^{kg},231$ si la température est à 12° et la pression barométrique $= 0,755$ de mercure.

s Surface de la plaque en mètres carrés.

v Vitesse du vent en mètres par seconde.

$h = \frac{v^2}{2d} = v^2 \times 0,050975.$

DÉSIGNATION DES VENTS	VITESSE par heure	VITESSE par seconde	PRESSION exercée sur un mètre carré
	kilomètres	mètres	kilogr.
Vent à peine sensible	3.600	1.00	0.140
Brise légère	7.200	2.00	0.540
Vent frais ou brise	14.400	4.00	2.170
Vent bon, frais — tend bien les voiles	21,600	6.00	4.870
Vent bon, frais — le plus favorable aux moulins	25.200	7.00	6.640
Vent bon, frais — forte brise	28.800	8.00	8.670
Vent bon, frais — convenable pour la marche en mer	32.400	9.00	10.970
Vent, très forte brise	36.000	10.00	13.540
— grand frais	43.200	12.00	19.500
— très fort	54.000	15,02	30.470
— impétueux	72.000	20,00	54.160
— tempête	86.400	24.00	78,000
— — violente	108.180	30,05	122,280
— ouragan	130.140	36.15	176,960
— grand ouragan	163,080	45,30	277,870

FROTTEMENT DE GLISSEMENT, RAPPORT A LA PRESSION

(D'après M. le général Morin.)

Chêne sur chêne, sans enduit	0,48
— — enduit de savon	0,16
Orme sur chêne, sans enduit	0,43
Frêne, sapin, hêtre, sorbier sur chêne, sans enduit	0,36 à 0,40
Fer sur chêne, sans enduit	0,62
— — mouillé d'eau	0,26
Fonte sur chêne, sans enduit	0,49
— — mouillé d'eau	0,22
Cuivre jaune sur chêne, sans enduit	0,62
Courroie en cuir noir corroyé sur chêne	0,27
Cuir tanné sur fonte ou sur bronze	0,50
Cuir de bœuf, pour garniture de piston, sur fonte (mouillé d'eau)	0,15
Fer sur fonte sans enduit	0,18
Fer sur bronze —	0,18
Fonte sur fonte —	0,15
Fonte sur bronze avec enduit	0,15
Bronze sur bronze sans enduit	0,20
Bronze sur fonte —	0,22
Bronze sur fer —	0,16
Fonte sur fonte, avec enduit gras	0,054
Fonte sur bronze, —	0,054
Fer sur fonte, —	0,054
Fer sur bronze —	0,054
Fer sur cuivre, sans enduit	0,155
Fer sur cuivre avec enduit gras	0,120

SURCHARGE ACCIDENTELLE

des chambres d'appartement, salles de réception, magasins, etc.

DÉSIGNATION DES PIÈCES	SURCHARGE en kilogrammes par mètre carré	DÉSIGNATION DES PIÈCES	SURCHARGE en kilogrammes par mètre carré
(D'après M. Maurice Maurer)		(D'après M. G. Oslet)	
Maisons ordinaires (réunions peu nombreuses)	75		
Salons et pièces de réception	100	Cabinets	60
Grands salons et pièces de réception	130	Petites chambres	60
Bureaux	130	Pièces ordinaires	80
Salons pour les assemblées ordinaires	200	Chambres à coucher	80
Salons pour les grandes réunions	270	Petits salons	100
Magasins à blé	450	Salles à manger	100
Magasins généraux	750	Salons	150

TABLE DE DÉDUCTION DES PENTES PAR MÈTRE

En degrés et réciproquement.

PENTE PAR MÈTRE	INCLINAISON CORRESPONDANTE en degrés.
0,005	0°17′10″
0,010	0°34′20″
0,015	0°51′30″
0,020	1°08′50″
0,025	1°26′00″
0,030	1°43′10″
0,035	2°03′10″
0,040	2°17′30″
0,045	2°34′50″
0,050	2°51′40″
0,055	3°09′00″
0,060	3°26′20″
0,065	3°43′10″
0,070	4°00′20″
0,075	4°17′20″
0,080	4°34′30″
0,085	4°51′30″
0,090	5°08′30″
0,095	5°25′30″
0,100	5°42′30″
0,105	5°59′30″
0,110	6°16′30″
0,115	6°33′40″
0,120	6°50′30″
0,125	7°07′30″
0,130	7°24′20″
0,135	7°41′20″
0,140	7°58′10″
0,145	8°15′05″
0,150	8°31′50″

NOTA. — Pour obtenir la pente en mètres depuis une minute jusqu'à quatre-vingt-dix degrés, il suffit de prendre dans la table trigonométrique la tangente naturelle : exemple : si nous voulons avoir l'inclinaison en mètres de 0m1′, nous trouvons à la colonne des tangentes 0m,0002909.

PENTE EN DEGRÉS	INCLINAISON CORRESPONDANTE en mètres.
0°15′	0,00436
0°30′	0,00873
0°45′	0,01309
1°00′	0,01741
1°30′	0,02618
2°00′	0,03492
2°30′	0,04366
3°00′	0,05241
3°30′	0,06116
4°00′	0,06993
4°30′	0,07870
5°00′	0,08749
5°30′	0,09629
6°00′	0,10510
6°30′	0,11393
7°00′	0,12278
7°30′	0,13165
8°00′	0,14054
8°30′	0,14945
9°	0,15838
10°	0,17633
12°	0,21256
14°	0,24933
16°	0,28675
18°	0,32492
20°	0.36397
22°	0,40403
24°	0,44523
26°	0,48773
28°	0,53171
30°	0,57735
32°	0,62487
34°	0,67451
36°	0,72654
38°	0,78129
40°	0,83910
42°	0,90040
44°	0,96569
45°	1,00000

TABLE DES CORDES (pour un rayon de 1 mètre).

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
0°	0	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494
3	0,0523	0,0553	0,0582	0,0611	0,0540	0,0669
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843
5	0,0872	0,0901	0,0931	0,0960	0,0989	0,1018
6	0,1047	0,1076	0,1105	0,1134	0,1163	0,1192
7	0,1221	0,1250	0,1279	0,1308	0,1337	0,1366
8	0,1395	0,1424	0,1453	0,1482	0,1511	0,1540
9	0,1569	0,1598	0,1627	0,1656	0,1685	0,1714
10	0,1743	0,1772	0,1801	0,1830	0,1859	0,1888
11	0,1917	0,1946	0,1975	0,2004	0,2033	0,2062
12	0,2091	0,2120	0,2148	0,2177	0.2206	0,2235
13	0,2264	0,2293	0,2322	0,2351	0,2380	0,2409
14	0,2437	0,2466	0,2495	0,2524	0,2553	0,2582
15	0,2611	0,2639	0,2668	0,2697	0,2726	0,2755
16	0,2783	0,2812	0,2841	0,2870	0,2899	0,2927
17	0,2956	0,2985	0,3014	0,3042	0,3071	0,3100
18	0,3129	0,3157	0,3186	0,3215	0,3244	0,3272
19	0,3301	0,3330	0,3358	0,3387	0,3416	0,3444
20	0,3473	0,3502	0,3530	0,3559	0,3587	0,3616
21	0,3645	0,3673	0,3702	0,3730	0,3759	0,3782
22	0,3816	0,3845	0,3873	0,3902	0,3930	0,3959
23	0,3987	0,4016	0,4044	0,4073	0,4101	0,4130
24	0,4158	0,4187	0,4215	0,4244	0,4272	0,4300
25	0,4329	0,4357	0,4386	0,4414	0,4442	0,4471
26	0,4499	0,4527	0,4556	0,4584	0,4612	0,4641
27	0,4669	0,4697	0,4725	0,4754	0,4782	0,4810
28	0,4838	0,4867	0,4895	0,4923	0,4951	0,4979
29	0.5008	0,5036	0,5064	0,5092	0,5120	0,5148
30	0,5176	0,5204	0,5233	0,5261	0,5289	0,5317
31	0,5345	0,5373	0,5401	0,5429	0,5457	0,5485
32	0,5513	0,5541	0,5569	0,5598	0,5625	0,5652
33	0,5680	0,5708	0,5736	0,5764	0,5792	0,5820
34	0,5847	0,5875	0,5903	0,5931	0,5959	0,5986
35	0,6014	0,6042	0,6070	0,6097	0,6125	0,6153
36	0,6180	0,6208	0,6236	0,6263	0,6291	0,6319
37	0,6346	0,6374	0,6401	0,6429	0,6456	0,6484
38	0,6511	0,6539	0,6566	0,6594	0,6621	0,6649
39	0,6676	0,6704	0,6731	0,6758	0,6786	0,6813
40	0,6840	0,6868	0,6895	0,6922	0,6950	0,6977
41	0,7004	0,7031	0,7059	0,7086	0,7113	0,7140
42	0,7167	0,7195	0,7222	0,7249	0,7276	0,7303

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
43	0,7330	0,7357	0,7384	0,7411	0,7438	0,7465
44	0,7492	0,7519	0,7546	0,7573	0,7600	0,7627
45	0,7654	0,7680	0,7707	0,7734	0,7761	0,7788
46	0,7815	0,7841	0,7868	0,7895	0,7922	0,7948
47	0,7975	0,8002	0,8028	0,8055	0,8082	0.8108
48	0,8135	0,8161	0,8188	0,8214	0,8241	0,8267
49	0,8294	0,8320	0,8347	0,8373	0,8400	0,8426
50	0,8452	0,8479	0,8505	0,8531	0,8558	0,8584
51	0,8610	0,8636	0,8663	0,8689	0,8715	0,8741
52	0,8767	0,8794	0,8820	0,8846	0,8872	0,8898
53	0,8924	0,8950	0,8976	0,9002	0,9028	0,9054
54	0,9080	0,9106	0,9132	0,9157	0,9183	0,9209
55	0,9235	0,9261	0,9287	0,9312	0,9338	0,9364
56	0,9389	0,9415	0,9441	0,9466	0,9492	0,9518
57	0,9543	0,9569	0,9594	0,9620	0,9645	0,9671
58	0,9696	0,9722	0,9747	0,9772	0,9798	0,9823
59	0,9848	0,9874	0,9899	0,9924	0,9950	0,9975
60	1,0000	1,0025	1,0050	1,0075	1,0101	1,0126
61	1,0151	1,0176	1,0201	1,0226	1,0251	1,0276
62	1,0301	1,0326	1,0351	1,0375	1,0400	1,0425
63	1,0450	1,0475	1,0500	1,0524	1,0549	1,0574
64	1,0598	1,0623	1,0648	1,0672	1,0697	1,0721
65	1,0746	1,0771	1,0795	1,0819	1,0844	1,0868
66	1,0893	1,0917	1,0941	1,0965	1,0990	1,1014
67	1,1039	1,1063	1,1087	1,1111	1,1136	1,1160
68	1,1184	1,1208	1,1232	1,1256	1,1280	1,1304
69	1,1328	1,1352	1,1376	1,1400	1,1424	1,1448
70	1,1472	1,1495	1,1519	1,1543	1,1567	1,1590
71	1,1614	1,1638	1,1661	1,1685	1,1709	1,1732
72	1,1756	1,1779	1,1803	1,1826	1,1850	1,1873
73	1,1896	1,1920	1,1943	1,1966	1,1990	1,2013
74	1,2036	1,2060	1,2083	1,2106	1,2129	1,2152
75	1,2175	1,2198	1,2221	1,2244	1,2267	1,2290
76	1,2313	1,2336	1,2359	1,2282	1,2405	1,2427
77	1,2450	1,2473	1,2496	1,2518	1,2541	1,2564
78	1,2586	1,2609	1,2632	1,2654	1,2677	1,2699
79	1,2722	1,2744	1,2766	1,2789	1,2811	1,2833
80	1,2856	1,2878	1,2900	1,2922	1,2947	1,2965
81	1,2989	1,3011	1,3033	1,3055	1,3077	1,3099
82	1,3121	1,3143	1,3165	1,3187	1,3209	1,3231
83	1,3252	1,3274	1,3296	1,3318	1,3339	1,3361
84	1,3383	1,3404	1,3426	1,3447	1,3469	1,3490
85	1,3512	1,3533	1,3555	1,3576	1,3597	1,3619
86	1.3640	1,3661	1,3682	1,3704	1,3725	1,3746
87	1,3767	1,3788	1,3809	1,3830	1,3851	1,3872
88	1,3893	1,3914	1,3935	1,3956	1,3977	1,3997

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
89	1,4018	1,4039	1,4060	1,4080	1,4101	1,4122
90	1,4142	1,4163	1,4183	1,4204	1,4224	1,4245
91	1,4265	1,4285	1,4306	1,4326	1,4348	1,4367
92	1,4387	1,4407	1,4427	1,4447	1,4467	1,4487
93	1,4507	1,4527	1,4547	1,4567	1,4587	1,4607
94	1,4627	1,4647	1,4667	1,4686	1,4706	1,4726
95	1,4745	1,4765	1,4785	1,4804	1,4824	1,4843
96	1,4863	1,4882	1,4902	1,4921	1,4940	1,4960
97	1,4980	1,4998	1,5018	1,5037	1,5056	1,5075
98	1,5094	1,5113	1,5132	1,5151	1,5170	1,5189
99	1,5208	1,5227	1,5246	1,5265	1,5283	1,5302
100	1,5321	1,5340	1,5358	1,5377	1,5395	1,5414
101	1,5432	1,5451	1,5470	1,5488	1,5506	1,5525
102	1,5543	1,5561	1,5579	1,5598	1,5616	1,5634
103	1,5652	1,5670	1,5688	1,5706	1,5724	1,5742
104	1,5760	1,5778	1,5796	1,5814	1,5832	1,5849
105	1,5867	1,5885	1,5902	1,5920	1,5938	1,5955
106	1,5973	1,5990	1,6007	1,6025	1,6042	1,6060
107	1,6077	1,6094	1,6112	1,6129	1,6146	1,6163
108	1,6180	1,6197	1,6214	1,6231	1,6248	1,6265
109	1,6282	1,6299	1,6316	1,6333	1,6350	1,6366
110	1,6383	1,6400	1,6416	1,6433	1,6449	1,6466
111	1,6482	1,6499	1,6515	1,6536	1,6548	1,6564
112	1,6581	1,6597	1,6613	1,6629	1,6645	1,6662
113	1,6678	1,6694	1,6710	1,6726	1,6742	1,6758
114	1,6773	1,6789	1,6805	1,6820	1,6836	1,6852
115	1,6868	1,6883	1,6899	1,6915	1,6930	1,6945
116	1,6961	1,6976	1,6991	1,7007	1,7022	1,7038
117	1,7053	1,7068	1,7083	1,7098	1,7113	1,7128
118	1,7143	1,7158	1,7173	1,7188	1,7203	1,7218
119	1,7233	1,7247	1,7262	1,7277	1,7281	1,7306
120	1,7320	1,7335	1,7350	1,7364	1,7378	1,7393
121	1,7407	1,7421	1,7436	1,7450	1,7464	1,7478
122	1,7492	1,7506	1,7520	1,7534	1,7548	1,7562
123	1,7576	1,7590	1,7604	1,7618	1,7632	1,7646
124	1,7659	1,7673	1,7686	1,7700	1,7713	1,7727
125	1,7740	1,7754	1,7767	1,7780	1,7794	1,7807
126	1,7820	1,7833	1,7846	1,7860	1,7873	1,7886
127	1,7899	1,7912	1,7924	1,7937	1,7950	1,7963
128	1,7976	1,7989	1,8001	1,8013	1,8026	1,8039
129	1,8052	1,8064	1,8077	1,8090	1,8102	1,8114
130	1,8126	1,8138	1,8151	1,8163	1,8175	1,8187
131	1,8199	1,8211	1,8223	1,8235	1,8247	1,8259
132	1,8271	1,8283	1,8294	1,8306	1,8318	1,8330
133	1,8341	1,8353	1,8364	1,8374	1,8387	1,8399
134	1,8410	1,8421	1,8433	1,8444	1,8455	1,8466

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
135	1,8478	1,8489	1,8500	1,8511	1,8522	1,8533
136	1,8544	1,8554	1,8565	1,8576	1,8587	1,8598
137	1,8608	1,8619	1,8630	1,8640	1,8651	1,8661
138	1,8672	1,8682	1,8692	1,8703	1,8713	1,8723
139	1,8733	1,8744	1,8754	1,8764	1,8774	1,8784
140	1,8794	1,8804	1,8814	1,8824	1,8833	1,8843
141	1,8853	1,8863	1,8872	1,8882	1,8891	1,8901
142	1,8910	1,8920	1,8929	1,8938	1,8948	1,8957
143	1,8966	1,8976	1,8985	1,8994	1,9003	1,9012
144	1,9021	1,9030	1,9039	1,9048	1,9057	1,9065
145	1,9074	1,9083	1,9091	1,9100	1,9109	1,9117
146	1,9126	1,9134	1,9143	1,9151	1,9160	1,9168
147	1,9176	1,9185	1,9193	1,9200	1,9209	1,9217
148	1,9225	1,9233	1,9241	1,9249	1,9257	1,9265
149	1,9273	1,9280	1,9288	1,9296	1,9303	1,9311
150	1,9318	1,9326	1,9334	1,9341	1,9348	1,9356
151	1,9363	1,9370	1,9377	1,9384	1,9391	1,9399
152	1,9406	1,9413	1,9420	1,9427	1,9434	1,9441
153	1,9447	1,9454	1,9461	1,9467	1,9474	1,9481
154	1,9487	1,9494	1,9500	1,9507	1,9513	1,9519
155	1,9526	1,9532	1,9538	1,9545	1,9551	1,9557
156	1,9563	1,9569	1,9575	1,9581	1,9587	1,9593
157	1,9598	1,9604	1,9610	1,9616	1,9621	1,9627
158	1,9632	1,9639	1,9644	1,9649	1,9654	1,9660
159	1,9665	1,9670	1,9676	1,9681	1,9686	1,9691
160	1,9696	1,9701	1,9706	1,9711	1,9716	1,9721
161	1,9726	1,9730	1,9735	1,9739	1,9744	1,9749
162	1,9754	1,9758	1,9763	1,9767	1,9772	1,9776
163	1,9780	1,9784	1,9789	1,9793	1,9797	1,9801
164	1,9805	1,9809	1,9813	1,9817	1,9821	1,9825
165	1,9829	1,9832	1,9836	1,9840	1,9844	1,9847
166	1,9851	1,9854	1,9858	1,9861	1,9865	1,9868
167	1,9871	1,9875	1,9878	1,9881	1,9884	1,9887
168	1,9890	1,9893	1,9896	1,9899	1,9902	1,9905
169	1,9908	1,9911	1,9913	1,9916	1,9919	1,9921
170	1,9924	1,9926	1,9929	1,9931	1,9934	1,9936
171	1,9938	1,9941	1,9943	1,9945	1,9947	1,9949
172	1,9951	1,9953	1,9955	1,9957	1,9959	1,9961
173	1,9963	1,9964	1,9966	1,9968	1,9969	1,9971
174	1,9973	1,9974	1,9975	1,9977	1,9978	1,9980
175	1,9981	1,9982	1,9983	1,9985	1,9986	1,9987
176	1,9988	1,9989	1,9990	1,9991	1,9992	1,9992
177	1,9993	1,9994	1,9994	1,9995	1,9996	1,9996
178	1,9997	1,9997	1,9998	1,9998	1,9999	1,9999
179	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999
180	2,0000					

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES, CIRCONFÉRENCES, SURFACES, CARRÉS, CUBES, RACINES CARRÉES, RACINES CUBIQUES, DE 1 A 1040

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
1	3,14	0,79	1	1	1,000	1,000
2	6,28	3,14	4	8	1,414	1,250
3	9,42	7,07	9	27	1,732	1,442
4	12,57	12,57	16	64	2,000	1,587
5	15,71	19,63	25	125	2,236	1,709
6	18,85	28,27	36	216	2,449	1,817
7	21,99	38,48	49	343	2,645	1,912
8	25,13	50,27	64	512	2,828	2,000
9	28,27	63,62	81	729	3,000	2,080
10	31,41	78,54	100	1 000	3,162	2,154
11	34,55	95,03	121	1 331	3,316	2,223
12	37,69	113,10	144	1 728	4,464	2,289
13	40,84	132,73	169	2 197	3,605	2,351
14	43,98	153,94	196	2 744	3.741	2,410
15	47,12	176,71	225	3 375	3.872	2,466
16	50,26	201,06	256	4 096	4.000	2,519
17	53,40	226,98	289	4 913	4,123	2,571
18	56,54	254,47	324	5 832	4,212	2,620
19	59,69	283,53	361	6 859	4.358	2,668
20	62,83	314,16	400	8 000	4.472	2,714
21	65,97	346,96	441	9 261	4,582	2,758
22	69,11	380,13	484	10 648	4,690	2,802
23	72,25	415,48	529	12 167	4,795	2,843
24	75,39	452,39	576	13 824	4.898	2,884
25	78,54	490,87	625	15 625	5,000	2,924
26	81,68	530,03	676	17 576	5,099	2,962
27	84,82	572,56	729	19 683	5,196	3,000
28	87,96	615,75	784	21 952	5,291	3,036
29	91,10	660,52	841	24 389	5,385	3,072
30	91,24	706,86	990	27 000	5,477	3,107
31	97,38	754,77	961	29 791	5,567	3,141
32	100,53	804,25	1 024	32 768	5,656	3,174
33	103,67	855,30	1 089	35 937	5,744	3,207
34	106,81	907,92	1 156	39 304	5,830	3,239
35	109,95	962,11	1 225	42 875	5,916	3,271
36	113,09	1 017,88	1 296	46 656	6,009	3,301
37	116,23	1 075,21	1 369	50 653	6,082	3,332

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
38	119,38	1 134,11	1 444	54 872	6,164	3,361
39	122,52	1 194,59	1 521	59 319	6,244	3,391
40	125,66	1 256,64	1 600	64 000	6,324	3,419
41	128,80	1 320,25	1 681	68 921	6,403	3,448
42	131,94	1 385,44	1 764	74 088	6,480	3,476
43	135,08	1 452,20	1 849	79 507	6,557	3,503
44	138,23	1 520,53	1 936	85 184	6,633	3,530
45	141,37	1 590,43	2 025	91 125	6,708	3,556
46	144,51	1 661,90	2 116	97 336	6,782	3,583
47	147,65	1 734,94	2 209	103 823	6,855	3,608
48	150,79	1 809,56	2 304	110 592	6,928	3,634
49	153,93	1 885,74	2 401	117 649	7,000	3,659
50	157,08	1 963,50	2 500	125 000	7,071	3,684
51	160,22	2 042,82	2 601	132 651	7,141	3,708
52	163,36	2 123,72	2 704	140 608	7,211	3,732
53	166,50	2 206,18	2 809	148 877	7,280	3,756
54	169,64	2 290,22	2 916	157 464	7,348	3,779
55	172,78	2 375,83	3 025	166 375	7,416	3,802
56	175,92	2 463,01	3 136	175 616	7,483	3,825
57	179,07	2 551,76	3 249	185 193	7,549	3,848
58	182,21	2 642,08	3 364	195 112	7,615	3,870
59	185,35	2 733,97	3 481	205 379	7,681	3,892
60	188,49	2 827,43	3 600	216 000	7,745	3,914
61	191,63	2 922,47	3 721	226 981	7,810	3,936
62	194,77	3 019,07	3 884	238 328	7,874	3,957
63	197,92	3 117,25	3 969	250 047	7,937	3,979
64	201,06	3 216,99	4 096	262 144	8,000	4,000
65	204,20	3 318,31	4 226	274 625	8,062	4,020
66	207,34	3 421,19	4 356	287 496	8,124	4,041
67	210,48	3 525,65	4 489	300 763	8,185	4,061
68	213,62	3 631,68	4 624	314 432	8,246	4,081
69	216,77	3 739,28	4 761	328 509	8,306	4,101
70	219,91	3 848,45	4 900	343 000	8,366	4,121
71	223,05	3 959,19	5 041	357 911	8,426	4,140
72	226,19	4 071,50	5 184	373 248	8,485	4,160
73	229,33	4 185,39	5 329	389 017	8,544	4,179
74	232,47	4 300,84	5 476	405 224	8,602	4,198
75	235,61	4 417,86	5 625	421 875	8,660	4,217
76	238,76	4 536,46	5 776	438 976	8,717	4,235
77	241,90	4 656,63	5 929	456 533	8,744	4,254

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
78	245,04	4 778,36	6 084	474 552	8,831	4,272
79	248,18	4 901,67	6 241	493 039	8,888	4,290
80	251,32	5 026,55	6 400	512 000	8,944	4,308
81	254,46	5 153,00	6 561	531 441	9,000	4,326
82	257,61	5 281,02	6 724	551 368	9,055	4,344
83	260,75	5 410,61	6 889	571 787	9,110	4,362
84	263,89	5 541,77	7 056	592 704	9,165	4,379
85	267,03	5 674,50	7 225	614 125	9,219	4 396
86	270,17	5 808,80	7 396	636 056	9,273	4,414
87	273,31	5 944,68	7 569	658 503	9,327	4,431
88	276,46	6 082,12	7 744	681 472	9,380	4,447
89	279,60	6 221,14	7 921	704 969	9,433	4,465
90	282,74	6 361,73	8 100	729 000	9,486	4,481
91	285,88	6 503,88	8 281	753 571	9,539	4,497
92	289,02	6 647,61	8 464	778 688	9,591	4,514
93	292,16	6 792,91	8 649	804 357	9,643	4,530
94	295,31	6 939,78	8 836	830 584	9,695	4,546
95	298,45	7 088,22	9 025	857 375	9,746	4,562
96	301,59	7 238,23	9 216	884 736	9,797	4,578
97	304,73	7 389,81	9 409	912 673	9,848	4,594
98	307,87	7 542,96	9 604	941 192	9,899	4,610
99	311,01	7 697,69	9 801	970 299	9,949	4,626
100	314,15	7 853,98	10 000	1 000 000	10,000	4,641
101	317,30	8 011,85	10 201	1 030 301	10,049	4,657
102	320,44	8 171,28	10 404	1 061 208	10,099	4,672
103	323,58	8 332,29	10 609	1 092 727	10,148	4,687
104	326,72	8 494,87	10 816	1 124 864	10,198	4,702
105	329,86	8 659,01	11 025	1 157 625	10,246	4,717
106	333,00	8 824,73	11 236	1 191 016	10,295	4,732
107	336,15	8 992,02	11 449	1 225 043	10,344	4,747
108	339,29	9 160,88	11 664	1 259 712	10,392	4,762
109	342,43	9 331,32	11 881	1 295 029	10,440	4,776
110	345,57	9 503,32	12 100	1 331 000	10,478	4,791
111	348,71	9 676,89	12 321	1 367 631	10,535	4,805
112	351,85	9 852,03	12 544	1 404 928	10,583	4,820
113	355,01	10 028,75	12 769	1 442 897	10,630	4,834
114	358,14	10 207,03	12 996	1 481 544	10,677	4,848
115	361,28	10 386,89	13 225	1 520 875	10,723	4,862
116	364,42	10 568,32	13 456	1 560 896	10,770	4,876
117	367,56	10 751,32	13 689	1 601 613	10,816	4,890

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
118	370,70	10 935,88	13 924	1 643 032	10,862	4,904
119	373,85	11 122,02	14 161	1 685 159	10,908	4,918
120	376,99	11 309,73	14 400	1 728 000	10,954	4,932
121	380,13	11 499,01	14 641	1 771 561	11,000	4,946
122	383,27	11 689,87	14 884	1 815 848	11.045	4,959
123	386,41	11 882,29	15 129	1 860 867	11,090	4,973
124	389,55	12 076,28	15 376	1 906 624	11,135	4,986
125	392,70	12 271,85	15 625	1 953 125	11,180	5,000
126	395,84	12 468,98	15 876	2 000 376	11,224	6,013
127	398,98	12 667,69	16 129	2 048 383	11,269	5,026
128	402,12	12 867,96	16 384	2 097 152	11,313	5,039
129	405,26	13 069,81	16 641	2 146 689	11,357	5,052
130	408,41	13 273,23	16 900	2 197 008	11,401	5,065
131	411,54	13 478,22	17 161	2 248 091	11,445	5,078
132	414,69	13 684,78	17 424	2 299 968	11,489	5,091
133	417,83	13 892,91	17 689	2 352 637	11,532	5,104
134	420,97	14 102,61	17 956	2 406 104	11,575	5,117
135	424,11	14 313,88	18 225	2 460 375	11,618	5,129
136	427,25	14 526,72	18 496	2 515 456	11,661	5,142
137	430,39	14 741,14	18 769	2 571 353	11,704	5,155
138	433,54	14 957,12	19 044	2 628 072	11,747	5,167
139	436,68	15 174,68	19 321	2 685 619	11,789	5,180
140	439,82	15 393,80	19 600	2 744 000	11,832	5,192
141	442,96	15 614,50	19 881	2 803 221	11,874	5,204
142	446,10	15 836,77	20 164	2 863 288	11,916	5,217
143	449,24	16 060,61	20 449	2 924 207	11,958	5,229
144	452,39	16 286,02	20 736	2 985 984	12,000	5,241
145	455,53	16 513,00	21 025	3 048 625	12,041	5,253
146	458,67	16 741,55	21 316	3 112 136	12,083	5,265
147	461,81	16 971,67	21 609	3 176 523	12,124	5,277
148	464,95	17 203,36	21 904	3 241 792	12,165	5,289
149	468,09	17 436,62	22 201	3 307 949	12,206	5,301
150	471,24	17 671,46	22 500	3 375 000	12,247	5,313
151	474,38	17 907,86	22 801	3 442 951	12,288	5,325
152	477,52	18 145,84	23 104	3 511 808	12,328	5,336
153	480,66	18 385,38	23 409	3 581 577	12,369	5,348
154	483,80	18 626,50	23 716	3 652 264	12,409	5,360
155	486,94	18 869,19	24 025	3 723 875	12,449	5,371
156	490,08	19 113,44	24 336	3 796 416	12,489	5,383
157	493,23	19 359,27	24 649	3 869 893	12,529	5,394

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
158	496,37	19 606,67	24 964	3 944 312	12,569	5,406
159	499,51	19 855,64	25 281	4 019 679	12,609	5,417
160	502,65	20 106,19	25 600	4 096 000	12,649	5,428
161	505,79	20 358,30	25 921	4 173 281	12,688	5,440
162	508,93	20 611,98	26 244	4 251 528	12,727	5,451
163	512,08	20 867,15	26 569	4 330 747	12,767	5,462
164	515,22	21 124,06	26 896	4 410 944	12,806	5,473
165	518,36	21 382,46	27 225	4 492 125	12,845	5,484
166	521,50	21 642,42	27 556	4 574 296	12,884	5,495
167	524,64	21 903,96	27 889	4 657 463	12,922	5,506
168	527,78	22 167,06	28 224	4 741 632	12,961	5,517
169	530,93	22 431,74	28 561	4 826 809	13,000	5,528
170	534,07	22 698,00	28 900	4 913 000	13,038	5,539
171	537,31	22 965,82	29 241	5 000 211	13,076	5,550
172	540,35	23 235,21	29 584	5 088 448	13,114	5,561
173	543,49	23 506,17	29 929	5 177 717	13,152	5,572
174	546,64	23 778,71	30 276	5 268 024	13,190	5,582
175	549,78	24 052,81	30 625	5 359 375	13,228	5,593
176	552,92	24 324,49	30 976	5 451 776	13,266	5,604
177	556,06	24 605,73	31 329	5 545 233	13,304	5,614
178	559,20	24 884,55	31 684	5 639 752	13,341	5,625
179	562,34	25 164,94	32 041	5 735 339	13,379	5,635
180	565,48	25 446,90	32 400	5 832 000	13,416	5,646
181	568,62	25 730,42	32 761	5 929 741	13,453	5,656
182	571,77	26 015,52	33 124	6 028 568	13,490	5,667
183	574,91	26 302,20	33 489	6 128 487	13,527	5,677
184	578,05	26 590,44	33 856	6 229 504	13,564	5,687
185	581,19	26 880,21	34 225	6 331 625	13,601	5,698
186	584,33	27 171,62	34 596	6 434 856	13,638	5,708
187	587,47	27 464,58	34 969	6 539 203	13,674	5,718
188	590,62	27 759,10	35 344	6 644 672	13,711	5,728
189	593,76	28 055,20	35 721	6 751 269	13,747	5,738
190	596,90	28 352,87	36 100	6 859 000	13,784	5,748
191	600,04	28 652,10	36 481	6 967 871	13,820	5,758
192	603,18	28 952,91	36 864	7 077 888	13,856	5,768
193	606,32	29 255,29	37 249	7 189 057	13,892	5,778
194	609,47	29 559,24	37 636	7 301 384	13,928	5,788
195	612,61	29 864,75	38 025	7 414 875	13,964	5,798
196	615,75	30 171,85	38 416	7 529 536	14,000	5,808
197	618,98	30 480,53	38 809	7 645 373	14,035	5,818

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
198	622,03	30 790,75	39 204	7 762 392	14,071	5,828
199	625,17	31 102,84	39 601	7 880 599	14,106	5,838
200	628,32	31 415,93	40 000	8 000 000	14,142	5,848
201	631,46	31 730,86	40 401	8 120 601	14,177	5,857
202	634,60	32 047,48	40 804	8 242 408	14,212	5,867
203	637,74	32 365,46	41 209	8 365 427	14,247	5,877
204	640,88	32 685,12	41 616	8 489 664	14,282	5,886
205	644,02	33 006,35	42 025	8 615 125	14,317	5,896
206	647,16	33 329,15	42 436	8 741 816	14,352	5,905
207	650,31	33 653,52	42 849	8 869 743	14,387	5,915
208	653,45	33 979,46	43 264	8 998 912	14,422	5,924
209	656,59	34 306,97	43 681	9 129 329	14,456	5,934
210	659,73	34 636,06	44 100	9 261 000	14,491	5,943
211	662,87	34 966,71	44 521	9 393 931	14,525	5,953
212	666,01	35 298,93	44 944	9 528 128	14,560	5,962
213	669,16	35 632,73	45 369	9 663 597	14,594	5,972
214	672,30	35 968,09	45 796	9 800 344	14,628	5,981
215	675,44	36 305,02	46 225	9 938 375	14,662	5,990
216	678,58	36 643,53	46 656	10 077 696	14,696	6,000
217	681,72	36 983,61	46 089	10 218 313	14,730	6,009
218	684,86	37 325,25	47 524	10 360 232	14,764	6,018
219	688,01	37 668,47	47 961	10 503 459	14,798	6,027
220	691,15	38 013,27	48 400	10 648 000	14,832	6,036
221	694,29	38 359,63	48 841	10 793 861	14,866	6,045
222	697,43	38 707,56	49 284	10 941 048	14,899	6,055
223	700,57	39 057,42	49 729	11 089 567	14,933	6,064
224	703,71	39 408,14	50 176	11 239 524	14,966	6,073
225	706,86	39 760,77	50 625	11 390 625	15,000	6,082
226	710,00	40 114,99	51 076	11 543 176	15,033	6,091
227	713,14	40 470,77	51 529	11 697 083	15,066	6,100
228	716,28	40 828,13	51 984	11 852 352	15,099	6,109
229	719,42	41 187,06	52 441	12 008 989	15,132	6,118
230	722,56	41 547,56	52 900	12 167 000	15,165	6,126
231	725,70	41 909,62	53 361	12 326 391	15,198	6,135
232	728,85	42 273,26	53 824	12 487 168	15,231	6,144
233	731,99	42 638,48	54 289	12 649 337	15,264	6,153
234	735,13	43 005,26	54 756	12 812 904	15,297	6,162
235	738,27	43 373,60	55 225	12 977 875	15,329	6,171
236	741,41	43 743,52	55 696	13 144 [illegible]56	15,3[illegible]	6,179
237	744,55	44 115,00	56 169	13 312 053	15,394	6,188

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
238	747,70	44 488,08	56 644	13 481 272	15,427	6,197
239	750,84	44 862,72	57 121	13 651 919	15,459	6,205
240	753,98	45 238,93	57 600	13 824 000	15,491	6,214
241	757,12	45 616,70	58 081	13 997 521	15,524	6,223
242	760,26	45 996,05	58 564	14 172 488	15,556	6,231
243	763,40	46 376,97	59 049	14 348 907	15,588	6,240
244	766,55	46 759,46	59 536	14 526 784	15,620	6,248
245	769,69	47 143,52	60 025	14 706 125	15,652	6,257
246	772,83	47 529,15	60 516	14 886 936	15,684	6,265
247	775,97	47 916,35	61 009	15 069 223	15,716	6,274
248	779,11	48 305,13	61 504	15 252 992	15,748	6,282
249	782,25	48 695,47	62 001	15 438 249	15,779	6,291
250	785,40	49 087,39	62 500	15 625 000	15,811	6,299
251	788,54	49 480,87	63 001	15 813 251	15,842	6,307
252	711,68	49 875,93	63 504	16 003 008	15,874	6,316
253	794,82	50 272,65	64 009	16 194 277	15,905	6,324
254	797,96	50 670,75	64 516	16 387 064	15,937	6,333
255	801,10	51 070,61	65 025	16 581 375	15,968	6,341
256	804,24	51 471,84	65 536	16 777 216	16,000	6,349
257	807,39	51 874,76	66 049	16 974 593	16,031	6,357
258	810,53	52 279,24	66 564	17 173 512	16,062	6,366
259	813,67	52 685,29	67 081	17 373 979	16,093	6,374
260	816,81	53 092,92	67 600	17 576 000	16,124	6,382
261	819,97	53 502,11	68 121	17 779 581	16,155	6,390
262	823,09	53 912,87	68 644	17 984 728	16,186	6,398
263	826,24	54 325,21	69 169	18 191 447	16,217	6,406
264	829,38	54 739,21	69 696	18 399 744	16,248	6,415
265	832,52	55 154,58	70 225	18 609 625	16,278	6,423
266	835,66	55 571,63	70 756	18 821 096	16,309	6,431
267	838,80	55 990,25	71 289	19 034 163	16,340	6,439
268	841,95	56 410,43	71 824	19 248 832	16,370	6,447
269	845,09	56 832,19	72 361	19 465 109	16,401	6,455
270	848,23	57 255,53	72 900	19 683 000	16,431	6,463
271	851,37	57 680,43	73 441	19 902 511	16,462	6,471
272	854,51	58 106,90	73 984	20 123 648	16,492	6,479
273	857,65	58 534,94	74 529	20 346 417	16,522	6,487
274	860,79	58 964,56	75 076	20 570 824	16,552	6,495
275	863,94	59 395,76	75 625	20 796 875	16,583	6,502
276	867,08	59 828,52	76 176	21 024 576	16,613	6,510
277	870,22	60 262,81	76 729	21 253 933	16,643	6,518

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
278	873,36	60 698,71	77 284	21 484 952	16,673	6,526
279	876,50	61 136,18	77 841	21 717 639	16,703	6,534
280	879,64	61 575,24	78 400	21 952 000	16,733	6,542
281	882,78	62 015,82	78 961	22 188 041	16,763	6,549
282	885,93	62 458,00	79 524	22 425 768	16,792	9,557
283	889,07	62 901,76	80 089	22 665 187	16,822	6,565
284	892,21	63 347,08	80 656	22 906 304	16,852	6,573
285	895,35	63 793,96	81 225	23 149 125	16,881	6,580
286	898,49	64 242,42	81 796	23 393 656	16,911	6,588
287	901,63	64 692,46	82 369	23 639 903	16,941	6,596
288	904,78	65 144,06	82 944	23 887 872	16,970	6,603
289	907,92	65 597,24	83 521	24 137 569	17,000	6,611
290	911,06	66 051,99	84 100	24 389 000	17,029	6,619
291	914,20	66 508,30	84 681	24 642 171	17,059	6,627
292	917,34	66 966,19	85 264	24 897 088	17,088	6,634
293	920,48	67 425,65	85 849	25 153 757	17,117	6,642
294	923,63	67 886,67	86 436	25 412 184	17,146	6,649
295	926,77	68 349,27	87 025	25 672 375	17,176	6,657
296	929,91	68 813,44	87 616	25 934 336	17,205	6,664
297	933,05	69 279,17	88 209	26 198 073	17,234	6,672
298	936,19	69 746,49	88 804	26 463 592	17,263	6,679
299	939,33	70 215,37	89 401	26 730 899	17,292	6,687
300	942,48	70 685,83	90 000	27 000 000	17,320	6,694
301	945,62	71 157,85	90 601	27 270 901	17,349	6,702
302	948,76	71 631,45	91 204	27 543 608	17,378	6,709
303	951,90	72 106,61	91 809	27 818 127	17,407	6,717
304	955,04	72 583,35	92 416	28 094 464	17,436	6,724
305	958,18	73 061,65	93 025	28 372 625	17,464	6,731
306	961,32	73 541,53	93 636	28 652 616	17,493	6,739
307	964,47	74 022,98	94 249	28 934 443	17,521	6,746
308	967,61	74 506,00	94 864	29 218 112	17,549	6,753
309	970,75	74 990,59	95 481	29 503 629	17,578	6,761
310	973,89	75 476,76	96 100	29 791 000	17,607	6,768
311	977,03	75 964,49	96 721	30 080 231	17,635	6,775
312	980,17	76 453,75	97 344	30 371 328	17,663	6,78[illegible]
313	983,32	76 944,67	97 969	30 664 297	17,692	6,789
314	986,45	77 437,11	98 596	30 959 144	17,720	6,797
315	989,60	77 931,12	99 225	31 255 875	17,748	6,804
316	992,74	78 426,70	99 856	31 554 496	17,776	6,811
317	995,88	78 923,87	100 489	31 855 013	17,804	6,818

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
318	999,02	79 422,59	101 124	32 157 432	17,832	6,826
319	1 002,17	79 922,89	101 761	32 461 759	17,860	6,833
320	1 005,31	80 424,72	102 400	32 768 000	17,888	6,839
321	1 008,45	80 928,21	103 041	33 076 161	17,916	6,847
322	1 011,59	81 433,22	103 684	33 386 248	17,944	6,854
323	1 014,73	81 939,80	104 329	33 698 267	17,972	6,861
324	1 017,88	82 447,96	104 976	34 012 224	18,000	6,868
325	1 021,02	82 957,67	105 625	34 328 125	18,028	6,875
326	1 024,16	83 468,97	106 276	34 645 976	18,055	6,882
327	1 027,30	83 982,40	106 929	34 965 783	18,083	6,889
328	1 030,44	84 496,27	107 584	35 287 552	18,111	6,896
329	1 033,58	85 012,28	108 241	35 611 289	18,138	6,903
330	1 036,72	85 529,86	108 900	35 937 000	18,166	6,910
331	1 039,86	86 049,00	109 561	36 264 691	18,193	6,917
332	1 043,01	86 569,72	110 224	36 594 368	18,221	6,924
333	1 046,15	87 092,02	110 889	36 926 037	18,248	6,931
334	1 049,29	87 615,88	111 556	37 259 704	18,276	6,938
335	1 052,43	88 141,30	112 225	37 595 375	18,303	6,945
336	1 055,57	88 688,30	112 896	37 933 056	18,330	6,952
337	1 058,71	89 196,88	113 569	38 272 753	18,357	6,959
338	1 061,86	89 727,02	114 244	38 614 472	18,385	6,966
339	1 065,00	90 258,74	114 921	38 958 219	18,412	6,973
340	1 068,14	90 792,03	115 600	39 304 000	18,439	6,979
341	1 071,28	91 326,88	116 281	39 651 821	18,466	6.986
342	1 074,42	91 863,31	116 964	40 001 688	18,493	6,993
343	1 077,56	92 400,93	117 649	40 353 607	18,520	7,000
344	1 080,71	92 940,87	118 336	40 707 584	18,547	7,007
345	1 083,85	93 482,01	119 025	41 063 625	18,574	7,014
346	1 086,99	94 024,72	119 716	41 421 736	18,601	7,020
347	1 090,13	94 569,00	120 409	41 781 923	18,628	7,027
348	1 093,27	95 114,85	121 104	42 144 192	18,655	7,034
349	1 096,41	95 662,27	121 801	42 508 549	18,681	7,040
350	1 099,56	96 211,27	122 500	42 875 000	18,708	7,047
351	1 102,70	96 761,83	123 201	43 243 551	18,735	7,054
352	1 105,84	97 313,97	123 904	43 614 208	18,762	7,061
353	1 108,98	97 867,67	124 609	43 986 977	18,788	7,067
354	1 112,12	98 422,95	125 316	44 361 864	18,815	7,074
355	1 115,26	98 979,79	126 025	44 738 875	18,842	7,081
356	1 118,40	99 538,21	126 736	45 118 016	18,868	7,087
357	1 121,55	100 098,19	127 449	45 499 293	18,894	7,094

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
358	1 124,69	100 659,76	128 164	45 882 712	18,921	7,101
359	1 127,83	101 222,89	128 881	46 268 279	18,947	7,107
360	1 130,97	101 787,60	129 600	46 656 000	18,974	7,114
361	1 134,11	102 353,87	130 321	47 045 881	19,000	7,120
362	1 137,25	102 921,71	131 044	47 437 928	19,026	7,127
363	1 140,40	103 491,07	131 769	47 832 147	19,052	7,133
364	1 143,54	104 062,11	132 496	48 228 544	19,079	7,140
365	1 146,68	104 634,66	133 225	48 627 125	19,105	7,146
366	1 149,82	105 208,79	133 956	49 027 896	19,131	7,153
367	1 152,96	105 784,49	134 689	49 430 863	19,157	7,159
368	1 156,10	106 361,75	135 424	49 836 032	19,183	7,166
369	1 159,25	106 940,59	136 161	50 243 409	19,209	7,172
370	1 162,39	107 521,01	136 900	50 653 000	19,235	7,179
371	1 165,53	108 102,97	137 641	51 064 811	19,261	7,185
372	1 168,67	108 686,54	138 384	51 478 848	19,287	7,192
373	1 171,81	109 271,66	139 129	51 895 117	19,313	7,198
374	1 174,95	109 858,36	139 876	52 313 624	19,339	7,205
375	1 178,10	110 446,61	140 626	52 734 375	19,365	7,211
376	1 181,24	111 036,45	141 376	53 157 376	19,391	7,218
377	1 184,38	111 627,85	142 129	53 582 633	19,416	7,224
378	1 187,52	112 220,82	142 884	54 010 152	19,442	7,230
379	1 190,66	112 815,37	143 641	54 439 939	19,468	7,237
380	1 193,80	113 411,49	144 400	54 872 000	19,493	7,243
381	1 196,94	114 009,19	145 161	55 306 341	19,519	7,249
382	1 200,99	114 608,43	145 924	55 742 968	19,545	7,256
383	1 203,23	115 209,27	146 689	56 181 887	19,570	7,262
384	1 206,37	115 811,67	147 456	56 623 104	19,596	7,268
385	1 209,51	116 415,63	148 225	57 066 625	19,621	7,275
386	1 212,65	117 021,17	148 996	57 512 456	19,647	7,281
387	1 215,79	117 628,29	149 769	57 960 603	19,672	7,287
388	1 218,94	118 236,97	150 544	58 411 072	19,698	7,294
389	1 222,08	118 847,49	151 321	58 863 869	19,723	7,299
390	1 225,22	119 459,06	152 100	59 319 000	19,748	7,306
391	1 228,36	120 072,45	152 881	59 776 471	19,774	7,312
392	1 231,50	120 687,42	153 664	60 236 288	19,799	7,319
393	1 234,64	121 303,96	154 449	60 698 457	19,824	7,325
394	1 237,79	121 922,15	155 236	61 162 984	19,849	7,331
395	1 240,93	122 541,74	156 025	61 629 875	19,875	7,337
396	1 244,07	123 162,99	156 816	62 099 136	19,899	7,343
397	1 247,21	123 785,81	157 609	62 570 773	19,925	7,349

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS.	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
398	1 250,35	124 410,47	158 404	63 044 792	19,949	7,356
399	1 253,49	125 036,17	159 201	63 521 199	19,975	7,362
400	1 256,64	125 663,71	160 000	64 000 000	20,000	7,368
401	1 259,78	126 292,81	160 801	64 481 201	20,025	7,374
402	1 262,92	126 923,59	161 604	64 964 808	20,049	7,380
403	1 266,06	127 555,73	162 409	65 450 827	20,075	7,386
404	1 269,20	128 189,54	163 216	65 939 264	20,099	7,392
405	1 272,34	128 824,93	164 025	66 430 125	20,125	7,399
406	1 275,48	129 461,89	164 836	66 923 416	20,149	7,405
407	1 278,63	130 100,40	165 649	67 419 143	20,174	7,411
408	1 281,77	130 740,51	166 464	67 911 312	20,199	7,417
409	1 284,91	131 382,18	167 281	68 417 929	20,224	7,422
410	1 288,05	132 025,43	168 100	68 921 000	20,248	7,429
411	1 291,19	132 670,24	168 921	69 426 531	20,273	7,434
412	1 294,34	133 316,62	169 744	69 934 528	20,298	7,441
413	1 297,48	133 964,58	170 569	70 444 997	20,322	7,447
414	1 300,62	134 614,10	171 396	70 957 944	20,347	7,453
415	1 303,76	135 265,19	172 225	71 473 375	20,371	7,459
416	1 306,90	135 917,86	173 056	71 991 296	20,396	7,465
417	1 310,04	136 572,10	173 889	72 511 713	20,421	7,471
418	1 313,18	137 227,90	174 724	73 034 632	20,445	7,477
419	1 316,32	137 885,37	175 561	73 560 059	20,469	7,483
420	1 319,47	138 544,24	176 400	74 088 000	20,494	7,489
421	1 322,61	139 204,76	177 241	74 618 461	20,518	7,495
422	1 325,75	139 866,85	178 084	75 151 448	20,543	7,501
423	1 328,89	140 530,51	179 929	75 686 967	20,567	7,507
424	1 332,03	141 195,74	179 776	76 225 024	20,591	7,513
425	1 335,18	141 862,54	180 625	76 765 625	20,615	7,518
426	1 338,32	142 530,92	181 476	77 308 776	20,639	7,524
427	1 341,46	143 200,86	182 326	77 854 483	20,664	7,530
428	1 344,60	143 872,37	183 184	78 402 752	20,688	7,536
429	1 347,71	144 545,46	184 041	79 953 589	20,712	7,542
430	1 350,88	145 220,12	184 900	79 507 000	20,736	7,548
431	1 354,02	145 896,60	185 761	80 062 991	20,760	7,554
432	1 357,17	146 574,14	186 624	80 621 568	20,785	7,559
433	1 360,32	147 253,50	187 489	81 182 737	20,809	7,565
434	1 363,45	147 934,45	188 356	81 746 504	20,833	7,571
435	1 366,59	148 617,96	189 225	82 312 875	20,857	7,577
436	1 369,73	149 301,40	190 096	82 881 856	20,881	7,583
437	1 372,87	149 986,70	190 969	83 453 453	20,904	7,588

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
438	1 376,02	150 673,91	191 844	84 027 672	20,928	7.594
439	1 379,16	151 362,51	192 721	84 604 519	20,952	7,600
440	1 382,30	152 053,08	193 600	85 184 000	20,976	7,606
441	1 385,44	152 745,01	194 481	85 766 121	21,000	7,612
442	1 388,58	153 438,52	195 364	86 350 388	21,024	7,617
443	1 391,72	154 133,60	196 249	86 938 307	21,047	7,623
444	1 394,87	154 830,25	197 136	87 528 384	21,071	7,629
445	1 398,01	155 528,47	198 025	88 121 125	21,095	7,635
446	1 401,15	156 228,52	198 916	88 716 536	21,119	7,640
447	1 404,29	156 929,61	199 809	89 314 623	21,142	7,646
448	1 407,43	157 632,55	200 704	89 915 392	21,166	7,652
449	1 410,57	158 337,05	201 601	90 518 849	21,189	7,657
450	1 413,72	159 043,13	202 500	91 125 000	21,213	7,663
451	1 416,86	159 750,77	203 401	91 733 851	21,237	7,669
452	1 420,00	160 459,99	204 304	92 345 408	21,260	7,674
453	1 423,14	161 170,77	205 209	92 959 677	21,284	7,680
454	1 426,26	161 883,12	206 106	93 576 664	21,307	7,686
455	1 429,42	162 597,05	207 025	94 196 375	21,331	7,691
456	1 432,56	163 312,55	207 936	94 818 816	21,354	7,697
457	1 435,71	164 029,82	208 849	95 443 993	21,377	7,703
458	1 438,85	164 748,25	209 764	96 071 912	21,401	7,708
459	1 441,99	165 468,46	210 681	96 702 579	21,424	7,714
460	1 445,13	166 190,25	211 600	97 336 000	21,447	7,719
461	1 448,27	166 913,60	212 521	97 972 189	21,471	7,725
462	1 451,41	167 638,52	213 444	98 611 128	21,494	7,731
463	1 454,56	168 365,01	214 369	99 252 847	21,517	7,736
464	1 457,70	169 093,07	215 296	99 897 344	21,541	7,742
465	1 460,84	169 822,71	216 225	100 544 625	21,564	7,747
466	1 463,98	170 553,92	217 156	101 194 696	21,587	7,753
467	1 467,12	171 286,70	218 089	101 847 563	21,610	7,758
468	1 470,26	172 021,02	219 024	102 503 232	21,633	7,764
469	1 473,41	172 756,95	219 961	103 161 709	21,656	7,769
470	1 476,55	173 494,45	220 900	103 823 000	21,679	7,775
471	1 479,69	174 233,51	221 841	104 487 111	21,702	7,780
472	1 482,83	174 974,14	222 784	105 154 048	21,725	7,786
473	1 485,97	175 716,34	223 729	105 823 817	21,749	7,791
474	1 489,11	176 460,03	224 676	106 496 424	21,771	7,797
475	1 492,26	177 205,45	225 625	107 171 845	21,794	7,802
476	1 495,40	177 952,37	226 576	107 850 176	21,817	7,808
477	1 498,54	178 700,85	227 529	108 531 333	21,840	7,813

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
478	1 501,68	179 450,91	228 484	109 215 352	21,863	7,819
479	1 504,82	180 202,54	229 441	109 902 239	21,886	7,824
480	1 507,96	180 955,74	230 400	110 592 000	21,909	7,830
481	1 511,10	181 712,50	231 361	111 284 641	21,932	7,835
482	1 514,25	182 466,84	232 324	111 980 168	21,954	7,840
483	1 517,39	183 224,76	233 289	112 678 587	21,977	7,846
484	1 520,53	183 984,23	234 256	113 379 904	22,000	7,851
485	1 523,67	184 745,24	235 225	114 084 125	22,023	7,857
486	1 526,81	185 507,90	236 196	114 791 256	22,045	7,862
487	1 529,95	186 272,10	237 169	115 501 303	22,069	7,868
488	1 533,10	187 037,85	238 144	116 214 272	22,091	7,873
489	1 536,24	187 805,19	239 121	116 930 169	22,113	7,878
490	1 539,38	188 574,10	240 100	117 649 000	22,136	7,884
491	1 542,52	189 344,57	241 081	118 370 771	22,158	7,889
492	1 545,66	190 116,62	242 064	119 095 488	22,181	7,894
493	1 548,80	190 890,24	243 049	119 823 157	22,204	7,899
494	1 551,95	191 665,42	244 036	120 553 784	22,226	7,905
495	1 555,09	192 442,18	245 025	121 287 375	22,248	7,910
496	1 558,23	193 220,51	246 016	122 023 936	22,271	7,915
497	1 561,37	194 000,41	247 009	122 763 473	22,293	7,921
498	1 564,51	194 782,15	248 004	123 505 992	22,316	7,926
499	1 567,65	195 564,92	249 001	124 251 499	22,338	7,932
500	1 570,80	196 349,54	250 000	125 000 000	22,361	7,937
501	1 573,94	197 135,72	251 001	125 751 501	22,383	7,942
502	1 577,08	197 923,48	252 004	126 506 008	22,405	7,947
503	1 580,22	198 712,80	253 009	127 263 527	22,428	7,953
504	1 583,36	199 503,69	254 016	128 024 064	22,449	7,958
505	1 586,50	200 296,16	255 025	128 787 625	22,472	7,963
506	1 589,64	201 090,20	256 036	129 554 216	22,494	7,969
507	1 592,79	201 885,81	257 049	130 323 843	22,517	7,974
508	1 595,93	202 682,98	258 064	131 096 512	22,539	7,979
509	1 599,07	203 482,00	259 081	131 872 229	22,561	7,984
510	1 602,21	204 282,06	260 100	132 651 000	22,583	7,989
511	1 605,35	205 083,95	261 121	133 432 831	22,605	7,995
512	1 608,49	205 887,36	262 144	134 217 728	22,627	8,000
513	1 611,61	206 692,44	263 169	135 005 697	22,649	8,005
514	1 614,78	207 499,04	264 196	135 796 744	22,671	8,010
515	1 617,92	208 307,22	265 225	136 590 875	22,694	8,016
516	1 621,06	209 116,97	266 256	137 388 096	22,716	8,021
517	1 624,20	209 928,29	267 289	138 188 413	22,738	8,026

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
518	1 627,34	210 741,16	268 324	138 991 832	22,759	8,031
519	1 630,49	211 555,62	269 361	139 798 359	22,782	8,036
520	1 633,63	212 371,66	270 400	140 608 000	22,803	8,041
521	1 636,77	213 189,22	271 441	141 420 761	22,825	8,047
522	1 639,91	214 008,43	272 484	142 236 648	22,847	8,052
523	1 643,05	214 829,16	273 529	143 055 667	22,869	8,057
524	1 646,19	215 651,48	274 576	143 877 824	22,891	8,062
525	1 649,34	216 475,36	275 625	144 703 125	22,913	8,067
526	1 652,48	217 300,82	276 676	145 531 576	22,935	8,072
527	1 655,62	218 127,84	277 729	146 363 183	22,956	8,077
528	1 658,76	218 956,43	278 784	147 197 952	22,978	8,082
529	1 661,90	219 786,60	279 841	148 035 889	23,000	8,087
530	1 665,04	220 618,34	280 900	148 877 000	23,022	8,093
531	1 668,18	221 451,64	281 961	149 721 291	23,043	8,098
532	1 671,33	222 286,52	283 024	150 568 768	23,065	8,103
533	1 674,47	223 122,98	284 089	151 419 437	23,087	8,108
534	1 677,61	223 960,99	285 156	152 273 304	23,108	8,113
535	1 680,75	224 800,58	286 225	153 130 375	23,130	8,118
536	1 683,80	225 641,74	287 296	153 990 656	23,152	8,123
537	1 687,04	226 484,74	288 369	154 854 153	23,173	8,128
538	1 690,18	227 328,77	289 444	155 720 872	23,195	8,133
539	1 693,32	228 174,65	290 521	156 590 819	23,216	8,138
540	1 696,46	229 022,10	291 600	157 464 000	23,238	8,143
541	1 699,60	229 871,11	292 681	158 340 421	23,259	8,148
542	1 702,74	230 721,70	293 764	159 220 088	23,281	8,153
543	1 705,88	231 573,85	294 849	160 103 007	23,302	8,158
544	1 709,03	232 427,58	295 936	160 989 184	23,324	8,163
545	1 712,17	233 282,88	297 025	161 878 625	23,345	8,168
546	1 715,31	234 139,75	298 116	162 771 336	23,367	8,173
547	1 718,45	234 998,18	299 209	163 667 323	23,388	8,178
548	1 721,59	235 858,20	300 304	164 566 592	23,409	8,183
549	1 724,73	236 719,78	301 401	165 469 149	23,431	8,188
550	1 727,88	237 582,84	302 500	166 375 000	23,452	8,193
551	1 731,02	238 447,66	303 601	167 284 151	23,473	8,198
552	1 734,16	239 313,96	304 704	168 196 608	23,495	8,203
553	1 737,30	240 181,81	305 809	169 112 377	23,516	8,208
554	1 740,44	241 051,25	306 916	170 031 464	23,537	8,213
555	1 743,58	241 922,26	308 025	170 953 875	23,558	8,218
556	1 746,72	242 794,84	309 136	171 879 616	23,579	8,223
557	1 749,87	243 668,99	310 249	172 808 693	23,601	8,228

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
558	1 753,01	244 544,70	311 364	173 741 112	23,622	8,233
559	1 756,15	245 421,99	312 481	174 676 879	23,643	8,238
560	1 759,29	246 300,86	313 600	175 616 000	23,664	8,242
561	1 762,43	247 181,29	314 721	176 558 481	23,685	8,247
562	1 765,57	248 063,29	315 844	177 504 328	23,706	8,252
563	1 768,72	248 946,87	316 969	178 453 547	23,728	8,257
564	1 771,86	249 832,00	318 096	179 406 144	23,749	8,262
565	1 775,00	250 718,72	319 225	180 362 125	23,769	8,267
566	1 778,14	251 607,01	320 356	181 321 496	23,791	8,272
567	1 781,28	252 496,77	321 489	182 284 263	23,812	8,277
568	1 784,42	253 388,28	322 624	183 250 432	23,833	8,282
569	1 787,57	254 281,28	323 761	184 220 009	23,854	8,286
570	1 790,71	255 175,86	324 900	185 193 000	23,875	8,291
571	1 793,85	256 072,00	326 041	186 169 411	23,896	8,296
572	1 796,99	256 969,71	327 184	187 149 248	23,916	8,301
573	1 800,13	257 868,98	328 329	188 132 517	23,937	8,306
574	1 803,27	258 769,84	329 476	189 119 224	23.958	8,311
575	1 806,42	259 672,26	330 625	190 109 375	23,979	8,315
576	1 809,56	260 576,26	331 776	191 102 976	24,000	8,320
577	1 812,70	261 481,82	332 929	192 100 033	24,021	8,325
578	1 815,84	262 389,22	334 084	193 100 552	24,042	3,330
579	1 818,98	263 297,66	335 241	194 104 539	24,062	8,335
580	1 822,12	264 207,94	336 400	195 112 000	24,083	8,339
581	1 825,26	265 119,84	337 561	196 122 941	24,104	8,344
582	1 828,41	266 033,20	338 724	197 137 368	24,125	8.349
583	1 831,55	266 948,19	339 889	198 155 287	24,145	8,354
584	1 834,69	267 864,75	341 056	199 176 704	24,166	8,359
585	1 837.83	268 782,94	342 225	200 201 625	24,187	8,363
586	1 840,97	269 702,58	343 396	201 230 056	24,207	8,368
587	1 844,11	270 623,86	344 569	202 262 003	24,228	8,373
588	1 847,26	271 546,69	345 744	203 297 472	24,249	8.378
589	1 850,40	272 471,11	346 921	204 336 469	24,269	8,382
590	1 853,54	273 397,10	348 100	205 379 000	24,289	8,387
591	1 856,68	274 324,65	349 281	206 425 071	24,310	8,392
592	1 859,82	275 254,04	350 464	207 474 688	24,331	8,397
593	1 862,96	276 184,47	351 649	208 527 857	24,351	8,401
594	1 866,11	277 116,74	352 836	209 584 584	24,372	8,406
595	1 869,25	278 050,58	354 025	210 644 875	24,393	8,411
596	1 872,39	278 785,98	355 216	211 708 736	24,413	8,415
597	1 875,53	279 922,96	356 409	212 776 173	24,433	8,420

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
598	1 878,67	280 861,52	357 604	213 847 192	24,454	8,425
599	1 881,81	281 801,64	358 801	214 991 799	24,474	8,429
600	1 884,96	282 743,34	360 000	216 000 000	24,495	8,434
601	1 888,10	283 586,60	361 201	217 081 801	24,515	8,439
602	1 891,24	284 631,44	362 404	218 167 208	24,536	8,444
603	1 894,38	285 677,83	363 609	219 256 227	24,556	8,448
604	1 897,52	286 525,81	364 816	220 348 864	24,576	8.453
605	1 900,66	287 475,36	366 025	221 445 125	24,597	8,458
606	1 903,80	288 426,74	367 236	222 545 016	24,617	8,462
607	1 906,95	289 379,16	368 449	223 648 543	24,637	8,467
608	1 910,09	290 333,42	369 664	224 755 712	24,658	8,472
609	1 913,23	291 289,25	370 881	225 866 529	24,678	8,476
610	1 916,37	292 246,66	372 100	226 981 000	24,698	8,481
611	1 919,51	293 205,63	373 321	228 099 131	24,718	8,485
612	1 922,65	294 166,17	374 544	229 220 928	24,739	8,490
613	1 925,80	295 128,28	375 769	230 346 397	24,758	8,495
614	1 928,94	296 091,96	376 996	231 475 544	24,779	8,499
615	1 932,08	297 057,22	378 225	232 608 375	24,799	8,504
616	1 935,22	298 024,04	379 456	233 744 896	24,819	8,509
617	1 938,36	298 992,44	380 689	434 885 113	24,839	8.513
618	1 941,50	299 962,30	381 924	236 029 032	24,859	8,518
319	1 944,65	300 933,93	383 161	237 176 659	24,879	8,522
620	1 947,79	301 907,05	384 400	238 628 000	24,899	8,527
621	1 950,93	302 881,73	385 641	239 483 061	24,919	8,532
622	1 954,07	303 857,98	386 884	240 641 848	24,939	8,536
623	1 957,21	304 835,79	388 129	241 804 367	24,959	8.541
624	1 960,35	305 815,19	389 376	342 970 624	24,980	8,545
625	1 963,50	306 796,15	390 625	244 140 625	25,000	8,549
626	1 966,64	307 778,69	391 876	245 314 376	25,019	8,554
627	1 969,78	308 762,68	393 129	246 491 883	25,040	8,559
628	1 972,92	309 748,46	394 384	247 673 152	25,059	8,563
629	1 976,06	310 735,71	395 641	248 858 189	25,079	8,568
630	1 979,20	311 724,53	396 900	250 047 000	25,099	8,573
631	1 982,34	312 714,91	398 161	251 239 591	25,119	8,577
632	1 985,49	313 706,85	399 424	252 435 968	25,139	8,582
633	1 988,63	314 700,40	400 689	253 636 137	25,159	8,586
634	1 991,77	315 695,90	401 956	254 840 104	25,179	8,591
635	1 994,91	316 692,17	403 225	256 047 875	25,199	8,595
636	1 998,05	317 690,41	404 496	257 259 456	25,219	8,599
637	2 001,19	318 690,23	405 769	258 474 853	25,239	8,604

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
638	2 004,34	319 691,60	407 044	259 694 072	25,259	8,609
639	2 007,48	320 694,56	408 321	260 917 119	25,278	8,613
640	2 010,62	321 699,09	409 600	262 144 000	25,298	8,618
641	2 013,76	322 705,18	410 881	263 374 721	25,318	8,622
642	2 016,90	323 712,85	412 164	264 609 288	25,333	8,627
643	2 020,04	324 722,08	413 449	265 847 707	25,357	8,631
644	2 023,19	325 732,89	414 736	267 089 984	25,377	8,636
645	2 026,33	326 745,27	416 025	268 836 125	25,397	8,640
646	2 029,47	327 759,22	417 316	269 586 136	25,416	8,644
647	2 032,61	328 774,73	418 609	270 840 027	25,436	8,649
648	2 035,76	329 791,88	419 904	272 097 792	25,456	8,653
649	2 038,89	330 810,49	421 201	273 359 449	25,475	8,658
650	2 042,04	331 830,72	422 500	274 625 000	25,495	8,662
651	2 045,18	332 852,62	423 801	275 894 451	25,515	8,667
652	2 048,32	333 875,90	425 104	277 167 808	25,534	8,671
653	2 051,46	334 900,84	426 409	278 445 077	25,554	8,676
654	2 054,60	335 927,35	427 716	279 726 264	25,573	8,680
655	2 057,74	336 955,44	429 025	281 011 375	25,593	8,684
656	2 060,88	337 985,10	430 336	282 300 416	25,612	8,689
657	2 064,03	339 016,33	431 649	283 593 393	25 632	8,693
658	2 067,17	340 049,12	432 964	284 890 312	25,651	8,698
659	2 070,31	341 083,76	434 281	286 191 179	25,671	8,702
660	2 073,45	542 119,44	435 600	287 496 000	25,690	8,706
661	2 076,59	343 156,95	436 921	288 804 781	25,710	8,711
662	2 079,73	344 191,53	438 244	290 117 528	25,729	8,715
663	2 082,88	345 236,69	439 569	291 434 247	25,749	8,719
664	2 086,02	346 278,90	440 896	292 754 944	25,768	8,724
665	2 089,16	347 322,70	442 225	294 079 625	25,787	8,728
666	2 092,30	348 368,07	443 556	295 408 296	25,807	8,733
667	2 095,44	349 415,26	444 889	296 740 963	25,826	8,737
668	2 098,58	350 463,77	446 224	298 077 632	25,846	8,742
669	2 101,73	351 513,85	447 561	299 518 309	25,865	8,746
670	2 104,87	352 565,24	448 900	300 763 000	25,884	8,750
671	2 108,01	253 618,46	450 241	502 111 711	25,904	8,753
672	2 111,15	354 673,24	451 584	363 464 448	25,923	8,759
673	2 114,29	355 729,60	452 929	304 821 217	25,942	8,763
674	2 117,43	356 787,54	454 276	306 182 024	25,961	8,768
675	2 120,58	357 847,03	455 626	307 546 875	25,981	8,772
676	2 123,72	358 908,11	456 976	308 915 776	26,000	8,776
677	2 126,86	359 970,75	458 329	310 288 733	26,019	8,781

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
678	2 130,00	361 034,97	459 684	311 665 752	26,038	8,785
679	2 133,14	362 100,75	461 041	313 046 839	26,058	8,789
680	2 136,28	363 168,11	462 400	314 432 000	26,077	8,794
681	2 139,42	364 237,03	463 761	315 821 241	26,096	8,798
682	2 142,57	365 307,53	465 124	317 214 658	26,115	8,802
683	2 145,71	366 379,54	466 489	318 611 987	26,134	8,807
684	2 148,85	367 453,24	467 856	320 013 504	26,153	8,811
685	2 151,99	368 528,45	469 225	321 419 125	26,172	8,815
686	2 155,13	369 605,49	470 596	322 828 856	26,192	8,819
687	2 158,27	370 683,58	471 969	324 242 703	26,211	8,824
688	2 161,42	371 763,50	473 344	325 660 672	26,229	8,828
689	2 164,56	372 845,00	474 721	327 083 769	26,249	8,832
690	2 167,70	373 928,07	476 100	328 509 000	26,268	8,836
691	2 170,84	375 012,70	477 481	329 939 371	26,287	8,841
692	2 173,98	376 098,91	478 864	331 373 888	26,306	8,845
693	2 177,12	377 186,68	480 249	332 812 557	26,325	8,849
694	2 180,27	378 276,03	481 636	334 235 384	26,344	8,853
695	2 183,41	379 366,95	483 025	335 702 375	26,363	8,858
696	2 186,55	380 459,44	484 416	337 153 536	26,382	8,862
697	2 189,69	381 553,75	485 809	338 608 873	26,401	8,866
698	2 192,83	382 649,15	487 204	340 068 392	26,419	8,870
699	2 195,97	383 746,34	488 601	341 532 099	26,439	8,875
700	2 199,12	384 845,10	490 000	343 000 000	26,457	8,879
701	2 202,26	385 245,70	491 401	344 472 101	26,476	8,883
702	2 205,40	387 047,36	492 804	345 948 408	26,495	8,887
703	2 208,54	388 150,83	494 209	347 428 927	26,514	8,892
704	2 211,68	389 255,89	495 616	348 913 664	26,533	8,896
705	2 214,82	390 362,52	497 025	350 402 625	26,552	8,900
706	2 217,96	391 470,71	498 436	351 895 816	26,571	8,904
707	2 221,11	392 580,48	499 849	353 393 243	26,589	8,908
708	2 224,25	393 691,82	501 264	354 894 912	26,608	8,913
709	2 227,39	394 804,72	502 681	356 400 829	26,627	8,917
710	2 230,53	395 919,21	504 100	357 911 000	26,645	8,921
711	2 233,67	397 035,26	505 521	359 425 431	26,664	8,925
712	2 236,81	398 153,14	506 944	360 944 128	26,683	8,929
713	2 239,96	399 272,04	508 369	362 467 097	26,702	8,934
714	2 243,10	400 392,79	509 796	363 994 344	26,721	8,938
715	2 246,24	401 515,17	511 225	365 525 895	26,739	8,942
716	2 249,38	402 639,08	512 656	367 061 696	26,758	8,946
717	2 252,52	403 764,55	514 089	368 601 813	26,777	8,950

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
718	2255,66	404 891,59	515 524	370 146 232	26,795	8,954
719	2258,81	406 020,21	516 661	371 694 959	26,814	8,959
720	2261,95	407 150,41	518 400	373 248 000	26,833	8,963
721	2265,09	408 282,37	519 841	374 805 361	26,851	8,967
722	2268,23	409 415,72	521 284	376 367 048	26,870	8,971
723	2271,37	410 550,29	522 729	377 933 067	26,889	8,975
724	2274,51	411 686,97	524 176	379 503 424	26,907	8,979
725	2277,66	412 824,91	525 625	381 078 125	26,926	8,983
726	2280,80	413 964,78	527 076	382 657 176	26,944	8,988
727	2283,94	415 105,96	528 529	384 240 583	26,963	8,992
728	2287,08	416 248,46	529 984	385 828 352	26,981	8,996
729	2290,22	417 392,78	531 441	387 420 489	27,000	9,000
730	2293,36	418 538,68	532 900	389 017 000	27,018	9,004
731	2296,50	419 686,14	534 361	390 617 891	27,037	9,008
732	2299,65	420 835,16	535 824	392 223 168	27,055	9,012
733	2302,79	421 985,79	537 289	393 832 837	27,074	9,016
734	2305,93	423 137,97	538 756	395 446 904	27,092	9,020
735	2309,07	424 291,72	540 225	397 065 375	27,111	9,023
736	2312,21	425 447,30	541 696	398 688 256	27,129	9,029
737	2315,35	426 603,93	543 169	400 315 553	27,148	9,033
738	2318,50	427 762,39	544 644	401 947 272	27,166	9,037
739	2321,64	428 922,43	546 121	403 583 419	27,184	9,041
740	2324,78	430 084,03	547 600	405 224 000	27,203	9,045
741	2327,92	431 247,20	549 081	406 869 021	27,221	9,049
742	2331,06	432 411,95	550 564	408 518 488	27,239	9,053
743	2334,20	433 578,27	552 049	410 172 407	27,258	9,057
744	2337,35	434 746,15	553 536	411 830 784	27,276	9,061
745	2340,49	435 915,61	555 025	413 493 625	27,295	9,065
746	2343,63	437 086,64	556 516	415 160 936	27,313	9,069
747	2346,77	438 259,24	558 009	416 832 723	27,331	9,073
748	2349,71	439 433,45	559 504	418 508 992	27,349	9,077
749	2353,05	440 609,15	561 001	420 189 749	27,368	9,081
750	2356,20	441 786,47	562 500	421 875 000	27,386	9,086
751	2359,34	442 965,35	564 001	423 564 751	27,404	9,089
752	2362,48	444 145,81	565 504	425 259 088	27,423	9,094
753	2365,62	445 327,82	567 009	426 957 777	27,441	9,098
754	2368,76	446 511,42	568 516	428 661 064	27,459	9,102
755	2371,90	447 696,59	570 025	430 368 875	27,477	9,106
756	2375,04	448 883,32	571 536	432 081 216	27,495	9,109
757	2378,19	459 071,63	573 049	433 798 093	27,514	9,114

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
758	2 381,33	451 261,51	574 564	435 519 512	27,532	9,118
759	2 384,47	452 452,95	576 081	437 245 479	27,549	9,122
760	2 387,61	453 645,98	577 600	438 976 000	27,568	9,126
761	2 390,75	454 840,57	579 121	440 711 081	27,586	9,129
762	2 393,89	456 036,81	580 644	442 450 728	27,604	9,134
763	2 397,04	457 234,46	582 169	444 194 947	27,622	9,138
764	2 400,18	458 434,02	583 696	445 943 744	27,640	9,142
765	2 403,32	458 634,64	585 225	447 697 125	27,659	9,146
766	2 406,46	460 837,09	586 756	449 455 096	27,677	9,149
767	2 409,60	462 041,10	588 289	451 217 663	27,695	9,154
768	2 412,74	463 246,68	589 824	452 984 832	27,713	9,158
769	2 415,98	464 453,84	591 361	454 756 609	27,731	9,162
770	2 419,03	465 662,57	592 900	456 533 000	27,749	9,166
771	2 422,17	466 872,87	594 441	458 314 011	27,767	9,170
772	2 425,31	468 084,74	595 984	460 099 648	27,785	9,174
773	2 428,45	469 298,18	597 529	461 889 917	27,803	9,178
774	2 431,59	470 513,19	599 076	463 684 824	27,821	9,182
775	2 434,74	471 729,77	600 625	465 484 375	27,839	9,185
776	2 437,88	472 947,92	602 176	467 288 676	27,857	9,189
777	2 441,02	474 167,64	603 729	469 097 433	27,875	9,193
778	2 444,16	475 389,20	605 284	470 910 952	27,893	9,197
779	2 447,30	476 614,80	606 841	472 729 139	27,911	9,201
780	2 450,44	477 836,24	608 400	474 552 000	27,928	9,205
781	2 453,58	479 062,24	609 961	476 379 541	27,946	9,209
782	2 456,73	480 289,82	611 524	478 211 768	27,964	9,213
783	2 459,87	481 518,97	613 089	480 048 687	27,982	9,217
784	2 463,01	482 749,69	614 656	481 890 304	28,000	9,221
785	2 466,15	483 981,98	616 225	483 736 025	28,018	9,225
786	2 469,29	485 215,83	617 796	485 587 656	28,036	9,229
787	2 472,43	486 451,27	619 369	487 443 403	28,054	9,233
788	2 475,58	487 688,59	620 944	489 303 872	28,071	9,237
789	2 478,72	488 926,84	622 521	491 169 069	28,089	9,240
790	2 481,86	490 166,99	624 100	493 039 000	28,107	9,244
791	2 485,00	491 408,70	625 681	494 913 671	28,125	9,248
792	2 488,14	492 651,99	627 264	496 793 088	28,142	9,252
793	2 491,28	493 897,04	628 849	498 677 257	28,160	9,256
794	2 494,43	495 143,27	630 436	500 566 184	28,178	9,260
795	2 497,57	496 391,27	632 025	502 459 875	28,196	9,264
796	2 500,71	497 641,10	633 616	504 358 336	28,213	9,268
797	2 503,85	498 891,97	635 209	506 216 573	28,231	9,272

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
798	2 506,99	500 144,69	636 804	508 169 592	28,249	9,275
799	2 510,13	501 398,97	638 401	510 082 399	28,267	9,279
800	2 513,28	502 654,82	640 000	512 000 000	28,284	9,283
801	2 516,42	503 912,24	641 601	513 922 401	28,302	9,287
802	2 519,56	505 171,25	643 204	515 849 608	28,320	9,291
803	2 522,70	506 431,79	644 809	517 781 627	28,337	9,295
804	2 525,84	507 694,20	646 416	519 718 464	28,355	9,299
805	2 528,98	508 957,64	648 025	521 660 125	28,373	9,302
806	2 532,12	510 222,91	649 636	523 606 616	28,390	9,306
807	2 535,27	511 489,76	651 249	525 557 943	28,408	9,310
808	2 538,41	512 758,18	652 864	527 514 112	28,425	9,314
809	2 541,55	514 028,17	654 481	529 475 129	28,443	9,318
810	2 544,69	515 299,74	656 100	531 441 000	28,460	9,322
811	2 547,83	516 572,86	657 721	533 411 731	28,478	9,326
812	2 550,97	517 847,56	659 344	535 387 328	28,496	9,329
813	2 554,12	519 123,83	660 969	537 367 797	28,513	9,333
814	2 557,26	520 401,63	662 596	539 353 144	28,531	9,337
815	2 560,40	521 681,09	664 225	541 343 375	28,548	9,341
816	2 563,54	522 962,34	665 856	543 338 496	28,566	9,345
817	2 566,68	524 244,63	667 489	545 338 513	28,583	9,348
818	2 569,82	525 528,75	669 124	547 343 432	28,601	9,352
819	2 572,97	526 814,44	670 761	549 353 259	28,618	9,356
820	2 576,11	528 101,73	672 400	551 368 000	28,636	9,360
821	2 579,25	529 390,56	674 041	553 387 661	28,653	9,364
822	2 582,39	530 680,97	675 684	555 412 248	28,671	9,368
823	2 585,53	531 973,14	677 329	557 441 767	28,688	9,371
824	2 588,67	533 266,50	678 976	559 476 224	28,705	9,375
825	2 591,82	534 561,62	680 625	561 515 625	28,723	9,379
826	2 594,96	535 858,31	682 276	563 559 976	28,740	9,383
827	2 598,10	537 158,57	683 929	565 609 283	28,758	9,386
828	2 601,24	538 456,36	685 584	567 663 552	28.775	9,390
829	2 604,38	539 757,81	687 241	569 722 789	28,792	9,394
830	2 607,52	541 060,79	688 900	571 787 000	28,810	9,398
831	2 610,66	542 365,33	690 561	573 856 191	28,827	9,402
832	2 613,81	543 671,45	692 224	575 930 368	28,844	9,405
833	2 616,95	544 979,24	693 889	578 009 537	28,862	9,409
834	2 620,09	546 288,40	695 556	580 093 704	28,879	9,413
835	2 623,23	547 599,23	697 225	582 182 875	28,896	9,417
836	2 626,37	548 911,62	698 896	584 277 056	28,914	9,420
837	2 629,51	550 225,60	700 569	586 376 253	28,931	9,424

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
838	2 632,64	551 541,14	702 244	588 480 472	28,948	9,428
839	2 635,80	552 858,28	703 921	590 589 719	28,965	9,432
840	2 638,94	554 176,94	705 600	592 704 000	28,983	9,435
841	2 642,08	555 497,19	707 281	594 823 321	29,000	9,439
842	2 645,22	556 819,02	708 964	596 947 688	29,017	9,443
843	2 648,36	558 142,41	710 649	599 077 107	29,034	9,447
844	2 651,51	559 467,38	712 336	601 211.584	29,052	9,450
845	2 654,65	560 793,92	714 025	603 351 125	29,069	9,454
846	2 657,79	562 122,02	715 716	605 495 736	29,086	9,458
847	2 660,93	563 451,97	717 409	607 645 423	29,103	9,462
848	2 664,07	564 782,96	719 104	609 800 192	29,120	9,465
849	2 667,21	566 115,77	720 801	611 960 049	29,138	9,469
850	2 670,36	567 450,17	722 500	614 125 000	29,155	9,473
851	2 673,50	568 786,13	724 201	616 295 051	29,172	9,476
852	2 676,64	570 123,67	725 904	618 470 208	29,189	9,480
853	2 679,78	571 462,76	727 609	620 650 477	29,206	9,484
854	2 682,92	572 803,44	729 316	622 835 864	29,223	9,488
855	2 686,06	574 145,69	731 025	625 026 375	29,240	9,491
856	2 689,20	5 5 489,50	732 736	627 222 016	29,257	9,495
857	2 692,35	576 834,89	734 449	629 422 793	29,275	9,499
858	2 695.49	578 181,85	736 164	631 628 712	29,292	9,502
859	2 698,63	579 530,37	737 881	633 839 779	29,309	9,506
860	2 701,77	580 880,48	739 600	636 056 000	29,326	9,510
861	2 704,91	582 232,15	741 321	638 277 381	29,343	9.513
862	2 708,05	583 585,39	743 044	640 503 928	29,360	9,517
863	2 711,20	584 940,20	744 769	642 735 647	29,377	9,521
864	2 714,34	586 296,58	746 496	644 972 544	29,394	9,524
865	2 717,48	587 654,54	748 225	647 214 625	29,411	9,528
866	2 720,66	589 014,03	749 956	649 461 896	29,428	9,532
867	2 723,76	590 375,16	751 689	651 714 363	29,445	9,535
868	2 726,90	591 737,82	753 424	653 972 032	29,462	9,539
869	2 730,05	593 102,05	755 161	656 234 909	29,479	9,543
870	2 733,19	594 467,87	756 900	658 503 000	29,496	9,546
871	2 736,33	595 835,05	758 641	660 776 311	29.513	9,550
872	2 739,47	597 204,20	760 384	663 054 848	29,530	9,554
873	2 742,61	598 575.51	762 129	665 338 617	29,547	9,557
874	2 745,75	599 946,81	763 876	667 627 624	29,563	9,561
875	2 748,90	601 320,47	765 625	669 921 875	29,580	9,565
876	2 752,04	602 695,70	767 376	672 221 376	29,597	9,568
877	2 755,18	604 072,50	769 129	674 526 133	29,614	9,572

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
878	2 758,32	605 451, 13	770 884	676 836 152	29,631	9,576
879	2 761,46	606 830, 82	772 641	679 151 439	29,648	9,579
880	2 764,60	608 212, 34	774 400	681 472 000	29,665	9,583
881	2 767,74	609 595, 42	776 161	683 797 841	29,682	9,586
882	2 770,89	610 980, 08	777 924	686 128 968	29,698	9,590
883	2 774,03	612 366, 34	779 689	688 465 387	29,715	9,594
884	2 777,17	613 754, 11	781 456	690 807 104	29,732	9,597
885	2 780,31	615 143, 48	783 225	693 154 125	29,749	9,601
886	2 783.45	615 534, 41	784 996	695 506 456	29,766	9,605
887	2 786,59	617 926, 93	786 769	697 864 103	29,783	9,608
888	2 789,73	619 321, 01	788 544	700 227 072	29,799	9,612
889	2 792,88	620 716, 66	790 321	702 595 369	29,815	9,615
890	2 796,02	622 113, 89	792 100	704 969 000	29,833	9,619
891	2 799,16	623 512, 68	793 881	707 347 971	29,850	9,623
892	2 802,30	624 913, 05	795 664	709 732 288	29,866	9,626
893	2 805,44	626 314, 98	797 449	712 121 957	29,883	9,630
894	2 808.59	627 718, 49	799 236	714 516 984	29,900	9,633
895	2 811,73	629 123, 82	801 025	716 917 375	29,917	9,637
896	2 814,87	630 530, 21	802 816	719 323 136	29,933	9,641
897	2 818,01	631 938, 43	804 609	721 734 273	29,950	9,644
898	2 821,15	633 348, 22	806 404	724 150 792	29,967	9,648
899	2 824,29	634 759, 84	808 201	726 572 699	29,983	9,651
900	2 827,44	636 172, 51	810 000	729 000 000	30,000	9,655
901	2 830,58	637 586, 51	811 804	731 432 701	30.017	9,658
902	2 833.72	639 003, 09	813 604	733 870 808	30,033	9,662
903	2 836,86	640 420, 72	815 409	736 314 327	30.050	9,666
904	2 840,00	641 839, 94	817 216	738 763 264	30,067	9,669
905	2 843,14	643 260, 72	819 025	741 217 625	30,083	9,673
906	2 846,28	644 683, 23	820 836	743 677 416	30,100	9,676
907	2 849,43	646 107, 01	822 649	746 142 643	30,116	9,680
908	2 852,57	647 532, 50	824 464	748 613 312	30,133	9,683
909	2 855,71	648 959, 57	826 281	751 089 429	30,150	9,687
910	2 858,85	650 388, 22	828 100	753 571 000	30,166	9,691
911	2 861,99	651 818, 43	829 921	756 058 031	30,183	9,694
912	2 865,13	653 250, 20	831 744	758 550 528	30,199	9,698
913	2 868,27	654 683, 59	833 569	761 048 497	30,216	9,701
914	2 871,42	656 118, 48	835 396	763 551 944	30,232	9,705
915	2 874,56	657 554, 97	837 225	766 060 875	30,249	9,708
916	2 877,70	658 993, 04	839 056	768 575 296	30,265	9,712
917	2 880,84	660 432, 68	840 889	771 095 213	30,282	9,715

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
918	2 883,98	661 873,87	842 724	773 620 632	30,299	9,719
919	2 887,13	663 316,65	844 561	776 151 559	30,315	9,722
920	2 890,27	664 761,01	846 400	778 688 000	30,332	9,726
921	2 893,41	666 206,92	848 241	781 229 961	30,348	9,729
922	2 896,55	667 654,41	850 084	783 777 448	30,364	9,733
923	2 899,69	669 103,47	851 929	786 330 467	30,381	9,736
924	2 902,83	670 554,10	853 776	788 889 024	30,397	9,740
925	2 905,98	672 006,30	855 625	791 453 125	30,414	9,743
926	2 909,12	673 460,07	857 476	794 022 776	30,430	9,747
927	2 912,26	674 915,41	859 329	796 597 983	30,447	9,750
928	2 915,40	676 372,33	861 184	799 178 752	30,463	9,754
929	2 918,54	677 830,81	863 041	801 765 089	30,480	9,758
930	2 921,68	679 290,87	864 900	804 357 000	30,496	9,761
931	2 924,82	680 752,49	866 761	806 954 491	30,512	9,764
932	2 927,97	682 215,70	868 624	809 557 568	30,529	9,768
933	2 931,11	683 680,46	870 489	812 166 237	30,545	9,771
934	2 934,25	685 146,80	872 356	814 780 504	30,561	9,775
935	2 937,39	686 614,70	874 225	817 400 375	30,578	9,778
936	2 940,53	688 084,18	876 096	820 025 856	30,594	9,783
937	2 943,67	689 555,24	877 969	822 656 953	30,610	9,785
938	2 946,82	691 027,85	879 844	825 293 672	30,627	9,789
939	2 949,96	692 502,05	881 721	827 936 019	30,613	9,792
940	2 953,10	693 977,82	883 600	830 584 000	30,659	9,796
941	2 956,24	695 455,15	885 481	833 237 621	30,676	9,799
942	2 959,38	696 934,05	887 364	835 896 888	30,692	9,803
943	2 962,52	698 414,51	889 249	838 561 807	30,708	9,806
944	2 965,67	699 896,58	891 136	841 232 384	30,725	9,810
945	2 968,81	701 380,19	893 025	843 908 625	30,741	9,813
946	2 971,95	702 865,38	894 916	846 590 536	30,757	9,817
947	2 975,09	704 352,14	896 809	849 278 123	30,773	9,820
948	2 978,23	705 840,45	898 704	851 971 392	30,790	9,824
949	2 981,37	707 330,37	900 601	854 670 349	30,806	9,827
950	2 984,52	708 821,84	902 500	857 375 000	30,822	9,830
951	2 987,66	710 314,88	904 401	860 085 351	30,838	9,834
952	2 990,80	711 809,50	906 304	862 801 408	30,854	9,837
953	2 993,94	713 305,67	908 209	865 523 177	30,871	9,841
954	2 997,08	714 803,43	910 116	868 250 664	30,887	9,844
955	2 000,22	716 302,76	912 025	870 983 875	30,903	9,848
956	2 003,36	717 803,65	913 936	873 722 816	30,919	9,851
957	2 006,51	719 305,12	915 849	876 467 493	30,935	9,855
958	2 009,65	720 810,16	917 764	879 217 912	30,952	9,858

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
959	3 012,79	722 315,76	919 681	881 974 079	30,968	9,861
960	3 015,93	723 822,95	921 600	884 736 000	30,984	9,865
961	3 019,07	725 331,70	923 521	887 503 681	31,000	9,868
962	3 022,21	726 842,01	925 444	890 277 128	31,016	9,872
963	3 025,36	728 353,90	927 369	893 056 347	31,032	9,875
964	3 028,50	729 867,36	929 296	895 841 344	31,048	9,879
965	3 031,64	731 382,40	931 225	898 632 125	31,064	9,882
966	3 034,78	732 899,00	933 156	901 428 696	31,081	9,885
967	3 037,92	734 417,18	935 089	904 231 063	31,097	9,889
968	3 041,06	735 936,92	937 024	907 039 232	31,113	9,892
969	3 044,21	737 458,23	938 961	909 853 209	31,129	9,896
970	3 047,35	738 981,13	940 900	912 673 000	31,145	9,899
971	3 050,49	740 505,59	942 841	915 498 611	31,161	9,902
972	3 053,63	742 031,61	944 784	918 330 048	31,177	9,906
973	3 056,77	743 559,21	946 729	921 167 317	31,193	9,909
974	3 059,91	745 088,39	948 676	924 010 424	31,209	9,913
975	3 063,06	746 619,13	950 625	926 859 375	31,225	9,916
976	3 066,20	748 151,44	952 576	929 714 176	31,241	9,919
977	3 069,34	749 685,32	954 529	932 574 833	31,257	9,923
978	3 072:48	751 220,78	956 484	935 441 352	31,273	9,926
979	3 075,62	752 757,80	958 441	938 313 739	31,289	9,930
980	3 078,76	754 296,40	960 400	941 192 000	31,305	9,933
981	3 081,90	755 836,56	962 361	944 076 141	31,321	9,936
982	3 085,05	757 378,29	964 324	946 966 168	31,337	9,940
983	3 088,19	758 921,61	966 289	949 862 087	31,353	9,943
984	3 091,33	760 466,49	968 256	952 763 904	31,369	9,946
985	3 094,47	762 012,93	970 225	955 671 625	31,385	9,950
986	3 097,61	763 560,95	972 196	958 585 256	31,401	9,953
987	3 100,75	765 110,80	974 169	961 504 803	31,417	9,956
988	3 103,89	766 661,70	976 144	964 430 272	31,432	9,960
989	3 107,04	768 214,43	978 121	967 361 669	31,448	9,963
990	3 110,18	769 768,58	980 100	970 299 000	31,464	9,967
991	3 113,32	771 324,61	982 081	973 242 271	31,480	9,970
992	3 116,46	772 882,05	984 064	976 191 488	31,496	9,973
993	3 119,60	774 441,07	986 049	979 146 657	31,512	9,977
994	3 122,75	776 001,65	988 036	982 107 784	31,528	9,980
995	3 125,89	777 563,81	990 025	985 074 875	31,544	9,983
996	3 129,03	779 127,53	992 016	988 047 936	31,559	9,987
997	3 132,17	780 692,83	994 009	991 026 973	31,575	9,990
998	3 135,31	782 259,70	996 004	994 011 992	31,591	9,993
999	3 138,45	783 828,14	998 001	997 002 999	31,607	9,997

NOMBRES, RACINES OU DIAMÈTRES	CIRCONFÉRENCES	SURFACES ou CERCLES	CARRÉS	CUBES	RACINES CARRÉES	RACINES CUBIQUES
1 000	3 141,59	785 398,16	1 000 000	1 000 000 000	31,623	10,000
1 001	3 144,14	786 969,74	1 002 001	1 003 003 001	31,638	10,003
1 002	3 147,28	788 542,90	1 004 004	1 006 012 008	31,654	10,007
1 003	3 150,42	790 117,62	1 006 009	1 009 027 027	31,670	10,010
1 004	3 153,56	791 693,91	1 008 016	1 012 028 064	31,685	10,013
1 005	3 156,70	793 271,78	1 010 025	1 015 075 125	31,701	10,018
1 006	3 160,44	794 851,21	1 012 036	1 018 108 216	31,717	10,021
1 007	3 163,58	796 432,22	1 014 049	1 021 147 343	31,733	10,023
1 008	3 166,73	798 014,80	1 016 064	1 024 192 512	31,749	10,027
1 009	3 169,87	799 598,95	1 018 081	1 027 243 729	31,765	10,030
1 010	3 173,01	801 184,67	1 020 100	1 030 301 000	31,781	10,033
1 011	3 176,15	802 771,96	1 022 121	1 033 364 331	31,797	10,037
1 012	3 179,29	804 360,82	1 024 144	1 036 433 728	31,812	10,040
1 013	3 182,43	805 951,25	1 026 169	1 039 509 197	31,828	10,043
1 014	3 185,57	807 543,25	1 028 196	1 042 590 744	31,844	10,046
1 015	3 188,72	809 136,82	1 030 225	1 045 678 375	31,859	10,050
1 016	3 191,86	810 731,96	1 032 256	1 048 772 096	31,875	10,053
1 017	3 195,00	812 328,67	1 034 289	1 051 871 913	31,891	10.056
1 018	3 198,14	813 926,95	1 036 324	1 054 977 832	31.907	10,059
1 019	3 201,28	815 526,80	1 038 361	1 058 089 859	31,922	10,063
1 020	3 204,42	817 128,25	1 040 400	1 061 208 000	31,938	10,066
1 021	3 207,57	818 731,24	1 042 441	1 064 332 261	31,954	10,070
1 022	3 210,71	820 335,80	1 044 484	1 067 462 548	31,969	10.073
1 023	3 213,85	821 941,93	1 046 529	1 070 599 167	31,985	10,076
1 024	3 216,99	823 549,63	1 048 576	1 073 741 824	32,000	10,079
1 025	3 220,13	825 158,90	1 050 625	1 076 890 625	32,016	10,083
1 026	3 223,27	826 769,74	1 052 676	1 080 045 576	32,032	10,086
1 027	3 226,42	828 382,15	1 054 729	1 083 206 683	32,047	10,089
1 028	3 229,56	829 996,13	1 056 784	1 086 373 952	32,063	10,093
1 029	3 232,70	831 611,68	1 058 841	1 089 547 389	32,078	10,093
1 030	3 235,84	833 228,91	1 060 900	1 092 727 000	32,094	10,099
1 031	3 238,98	834 847,49	1 062 961	1 095 912 791	32,110	10,103
1 032	3 242,12	836 467,77	1 065 024	1 099 104 768	32,125	10,106
1 033	3 245,27	838 089,60	1 067 089	1 102 302 937	32,141	10,109
1 034	3 248,41	839 713,04	1 069 156	1 105 507 304	32,156	10,112
1 035	3 251,55	841 338,05	1 071 225	1 108 717 875	32,172	10,116
1 036	3 254,69	842 964,63	1 073 296	1 111 934 656	32,187	10,119
1 037	3 257,83	844 592,78	1 075 369	1 115 157 653	32,203	10,122
1 038	3 260,97	846 222,40	1 077 444	1 118 386 872	32,218	10,126
1 039	3 264,11	847 853,79	1 079 521	1 121 622 319	32,234	10,129
1 040	3 267,26	849 486,65	1 081 600	1 124 864 000	32,249	10,132

RACINES DE QUELQUES FRACTIONS

FRACTIONS		RACINES CORRESPONDANTES			
ORDINAIRES	DÉCIMALES	CARRÉES	CUBIQUES	QUATRIÈMES	CINQUIÈMES
1/9	0,111111	0,333333	0,481858	0.577350	0,644394
1/8	0,125	0,353553	0,499900	0.594604	0,659755
1/7	0,142857	0,377964	0,522758	0,614788	0.667611
1/6	0,166666	0,408248	0,550321	0,638943	0,698627
1/5	0,20	0,447214	0,584804	0,668740	0,724779
2/9	0,222222	0,471404	0,605707	0,686589	0,740214
1/4	0,25	0,500000	0,629960	0,707107	0,757858
2/7	0,285714	0,534522	0,658634	0,731110	0,778370
1/3	0,333333	0,577350	0,693361	0,759836	0,802742
3/8	0,375	0,612372	0,721125	0,782542	0,821876
2/5	0,40	0,632455	0,736806	0,795270	0,832553
3/7	0,428571	0,654654	0,753947	0,809107	0,844121
4/9	0,444444	0,666667	0,763143	0,816496	0,850283
1/2	0,50	0,707107	0,793700	0,840896	0,870551
5/9	0,555555	0,745356	0,822071	0,863340	0,889089
4/7	0,571428	0,755929	0,829826	0,869442	0,894113
3/5	0,60	0,774596	0,843433	0,880112	0,902880
5/8	0,625	0,790569	0,854988	0,889140	0,910282
2/3	0,666666	0,816496	0,873580	0,903602	0,922168
5/7	0,714285	0,845154	0,893903	0,919323	0,934920
3/4	0,75	0,866025	0,908560	0,930605	0,944087
7/9	0,777777	0,881917	0,919641	0,939104	0,950979
4/5	0,80	0,894427	0,928318	0,945742	0,956352
5/6	0,833333	0,912871	0,941036	0,955443	0,964192
6/7	0,857142	0,925820	0,949914	0,962195	0,969640
7/8	0,875	0,935414	0,956465	0,967168	0,973647
8/9	0,888888	0,942829	0,961499	0,970984	0,976718
3/2	1,50	1,224744	1,144714	1,106682	1,084474

TABLE DES SINUS NATURELS, COSINUS, TANGENTES, COTANGENTES ET DÉVELOPPEMENT DES ARCS

De 0′ à 1° pour un rayon de un mètre.

MINUTES	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant
1′	0,0002 909	0,9999 999	0,0002 909	3437,74667	0,00029 089
2′	0,0005 818	0,9999 998	0,0005 818	1718,87319	0,00058 178
3′	0,0008 727	0,9999 996	0,0008 727	1145,91530	0,00087 266
4′	0,0011 636	0,9999 993	0,0011 636	859,43630	0,00116 355
5′	0,0014 544	0,9999 989	0,0014 544	687,54887	0,00145 444
6′	0,0017 453	0,9999 984	0,0017 458	572,95721	0,00174 532
7′	0,0020 362	0,9999 979	0,0020 362	491,10600	0,00203 622
8′	0,0023 271	0,9999 973	0,0023 271	429,71757	0,00232 711
9′	0,0026 180	0,9999 966	0,0026 180	381,97099	0,00261 799
10′	0,0029 089	0,9999 959	0,0029 089	343,77371	0,00290 888
11′	0,0031 998	0,9999 949	0,0031 998	312,52137	0,00319 977
12′	0,0034 906	0,9999 939	0,0034 907	286,47773	0,00349 066
13′	0,0037 815	0,9999 928	0,0037 816	264,44080	0,00378 155
14′	0,0040 724	0,9999 917	0,0040 725	245,55198	0,00407 243
15′	0,0043 633	0,9999 905	0,0043 633	229,18166	0,00436 332
16′	0,0046 542	0,9999 892	0,0046 543	214,85762	0,00465 421
17′	0,0049 451	0,9999 878	0,0049 451	202,21875	0,00494 510
18′	0,0052 360	0,9999 863	0,0052 361	190,98419	0,00523 599
19′	0,0055 268	0,9999 847	0,0055 269	180,93220	0,00552 688
20′	0,0058 177	0,9999 830	0,0058 176	171,88540	0,00581 776
21′	0,0061 086	0,9999 813	0,0061 087	163,70019	0,00610 865
22′	0,0063 995	0,9999 795	0,0063 996	156,25908	0,00639 954
23′	0,0066 904	0,9999 776	0,0066 905	149,46501	0,00669 043
24′	0,0069 813	0,9999 756	0,0069 814	143,23712	0,00698 132
25′	0,0072 721	0,9999 735	0,0072 723	137,50745	0,00727 220
26′	0,0075 630	0,9999 713	0,0075 632	132,21851	0,00756 309
27′	0,0078 539	0,9999 691	0,0078 541	127,32134	0,00785 398
28′	0,0081 448	0,9999 658	0,0081 450	122,77396	8,00814 487
29′	0,0084 357	0,9999 644	0,0084 360	118,54018	0,00843 576
30′	0,0087 265	0,9999 619	0,0087 269	114,58865	0,00872 665
31′	0,0090 174	0,9999 593	0,0090 178	110,89205	0,00901 753
32′	0,0093 083	0,9999 566	0,0093 087	107,42648	0,00930 842
33′	0,0095 992	0,9999 539	0,0095 996	104,17093	0,00959 931
34′	0,0098 900	0,9999 511	0,0098 905	101,10690	0,00989 020
35′	0,0101 809	0,0999 482	0,0101 814	98,217943	0,01018 109
36′	0,0104 718	0,9999 452	0,0104 724	95,489475	0,01047 197
37′	0,0107 627	0,9999 421	0,0107 623	92,908487	0,01076 286
38′	0,0110 535	0,9999 389	0,0110 542	90,463336	0,01105 375
39′	0,0113 444	0,9999 356	0,0113 451	88,143572	0,01134 463

MINUTES	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant
40′	0,0116 353	0,9999 323	0,0116 361	85,939791	0,01163 553
41′	0,0119 261	0,9999 289	0,0119 270	83,843507	0,01192 642
42′	0,0122 170	0,9999 254	0,0122 179	81,847041	0,01221 730
43′	0,0125 079	0,9999 218	0,0125 088	79,943430	0,01250 819
44′	0,0127 987	0,9999 181	0,0127 998	78,126342	0,01279 908
45′	0,0130 896	0,9999 143	0,0130 907	76,390009	0,01308 997
46′	0,0133 805	0,9999 104	0,0133 817	74,729165	0,01339 086
47′	0,0136 713	0,9999 065	0,0136 726	73,138991	0,01367 174
48′	0,0139 622	0,9999 025	0,0139 635	71,615070	0,01396 263
49′	0,0142 530	0,9998 984	0,0142 345	70,153346	0,01425 352
50′	0,0145 439	0,9998 942	0,0145 454	68,750087	0,01454 441
51′	0,0148 348	0,9998 899	0,0148 364	67,401854	0,01485 330
52′	0,0151 256	0,9998 855	0,0151 273	66,105472	0,01512 619
53′	0,0154 165	0,9998 811	0,0154 183	64,858007	0,01541 707
54′	0,0157 073	0,9968 766	0,0157 093	63,656741	0,01570 796
55′	0,0159 982	0,9998 720	0,0160 002	62,499154	0,01599 885
56′	0,0162 890	0,9998 673	0,0162 912	61,382905	0,01628 974
57	0,0165 799	0,9998 625	0,0165 821	60,305820	0,01658 063
58′	0,0168 707	0,9998 576	0,0168 731	59,265872	0,01687 152
59′	0,0171 616	0,9998 527	0,0171 641	58,261174	0,01716 240
60′	0,0174 524	0,9998 477	0,0174 551	57,289962	0,01745 329

TABLE DES SINUS NATURELS, COSINUS, TANGENTES, COTANGENTES ET DÉVELOPPEMENT DES ARCS

De 1° à 90° pour un rayon de un mètre.

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
1°	0,0174 524	0,9998 477	0,0174 551	57,289962	0,01745 329
10′	0,0203 608	0,9997 927	0,0203 650	49,103881	0,02036 217
20′	0,0232 690	0,9997 292	0,0232 753	42,964077	0,02327 106
30′	0,0261 769	0,9996 573	0,0261 859	38,188459	0,02617 994
40′	0,0290 847	0,9995 769	0,0290 970	34,367771	0,02908 882
50′	0,0319 922	0,9994 881	0,0320 086	31,241577	0,03199 770
2°	0,0348 995	0,9993 908	0,0349 208	28,636253	0,03490 658
10′	0,0378 065	0,9992 851	0,0378 335	26,431600	0,03781 547
20′	0,0407 131	0,9991 709	0,0407 469	24,541758	0,04072 435
30′	0,0436 194	0,9990 482	0,0436 609	22,903765	0,04363 323

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
40′	0,0465 253	0,9989 771	0,0465 757	21,470401	0,04654 211
50′	0,0493 308	0,9987 775	0,0494 913	20,205553	0,04945 099
3°	0,0523 360	0,9986 295	0,0524 078	19,081137	0,05235 988
10′	0,0552 406	0,9984 731	0,0553 251	18,074977	0.05226 876
20′	0,0581 448	0,9983 081	0,0582 434	17,169337	0,05817 764
30′	0,0610 485	0,9981 348	0,0611 626	16,349856	0,06108 652
40′	0,0639 517	0,9979 529	0,0640 829	15,604784	0,06399 541
50′	0,0668 544	0.9977 627	0,0670 043	14,924417	0,06690 429
4°	0,0697 565	0,9975 640	0,0699 268	14,300666	0.06981 317
10′	0,0726 580	0,9973 569	0,0728 505	13,72674	0,07272 205
20′	0,0755 589	0,9971 413	0,0757 755	13,19688	0,07563 093
30′	0,0784 591	0,9969 173	0,0787 017	12,70621	0,07853 982
40′	0,0813 587	0,9966 849	0,0816 293	12,25051	0,08144 870
50′	0,0842 576	0,9964 440	0,0845 583	11,82617	0,08435 758
5°	0,0871 557	0,9961 947	0,0874 887	11,43005	0,08726 646
10′	0.0900 532	0,9959 369	0,0904 206	11,05943	0,09017 534
20′	0,0929 499	0,9956 708	0,0933 540	10,71191	0,09308 423
30′	0,0958 458	0,9953 962	0,0962 890	10,38540	0,09599 311
40′	0,0987 408	0,9951 132	0,0992 257	10,07803	0,09890 199
50′	0,1016 351	0,9948 217	0,1021 641	9,78817	0,10181 087
6°	0,1045 284	0,9945 218	0,1051 042	9,51436	0,10471 976
10′	0,1074 210	0,9942 136	0,1080 462	9,25530	0,10762 864
20′	0,1103 126	0,9938 969	0,1109 899	9,00983	0,11053 752
30′	0,1132 032	0,9935 718	0,1139 356	8,77689	0,11344 640
40′	0,1160 929	0,9932 383	0,1168 831	8,55555	0,11635 528
50′	0,1189 816	0,9928 964	0,1198 328	8,34496	0,11926 417
7°	0,1218 693	0,9925 462	0,1227 846	8,14435	0,12217 305
10′	0,1247 560	0,9921 874	0,1257 384	7,95302	0,12508 193
20′	0,1276 416	0,9918 203	0,1286 943	7,77035	0,12799 081
30′	0,1305 262	0,9914 499	0,1316 525	7,59575	0,13089 969
40′	0,1334 096	0,9910 609	0,1346 129	7,42871	0,13380 858
50′	0,1362 919	0,9906 687	0,1375 757	7,26873	0,13671 746
8°	0,1391 731	0,9902 680	0,1405 408	7,11537	0,13962 634
10′	0,1420 531	0,9898 590	0,1435 084	6,95385	0,14253 522
20′	0,1449 319	0,9894 416	0,1464 784	6,82694	0,14544 410
30′	0,1478 094	0,9890 158	0,1494 510	6,69116	0,14835 299
40′	0,1506 857	0,9885 817	0,1524 261	6,56055	0,15126 187
50′	0,1535 607	0,9881 392	0,1554 040	6,43484	0,15417 075
9°	0,1564 345	0,9876 883	0,1583 845	6,31375	0,15707 963
10′	0,1593 069	0,9873 294	0,1613 677	6,19703	0,15998 851

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
20′	0,1621 779	0,9867 615	0,1643 537	6,08444	0.16289 740
30′	0,1650 476	0,9862 856	0,1673 426	5,97576	0.16580 628
40′	0,1679 159	0,9858 013	0.1703 344	5,87080	0.16871 516
50′	0,1707 828	0,9853 087	0.1733 292	5,76937	0.17162 404
10°	0,1736 482	0,9848 077	0,1763 270	5,67128	0,17453 293
10′	0,1765 121	0,9842 985	0,1793 278	5,57638	0.17744 181
20′	0,1793 746	0,9837 808	0,1823 318	5,48451	0,18035 069
30′	0,1822 355	0,9832 549	0,1853 390	5,39552	0,18325 957
40′	0,1850 949	0,9827 206	0.1883 495	5,30928	0.18616 845
50′	0,1879 527	0,9821 781	0,1913 632	5,22566	0.18907 734
11°	0,1908 090	0,9816 271	0,1943 803	5,14455	0,19198 622
10′	0,1936 636	0,9810 680	0,1974 008	5,06584	0.19489 510
20′	0,1965 166	0,9805 005	0,2004 248	4,98940	0,19780 398
30′	0,1993 679	0,9799 247	0,2034 523	4,91516	0,20071 286
40′	0,2022 176	0,9792 817	0,2067 867	4,84300	0,20362 175
50′	0.2030 655	0.9787 483	0,2095 181	4,77286	0,20623 063
12°	0,2079 117	0,9781 476	0.2125 565	4.70463	0,20943 951
10′	0,2107 561	0,9775 386	0,2155 988	4.63825	0.21234 839
20′	0,2135 988	0,9769 215	0,2186 448	4,57363	0,21525 727
30′	0,2164 396	0,9762 960	0,2216 947	4.51071	0,21816 610
40′	0,2192 786	0,9756 623	0,2247 485	4,44942	0,22107 504
50′	0,2221 158	0,9750 208	0,2278 063	4.38969	0,22398 392
13°	0,2249 511	0,9743 701	0.2308 682	4.33148	0,22689 280
10′	0,2277 844	0,9737 116	0.2339 342	4.27471	0,22980 168
20′	0,2306 159	0,9730 448	0,2370 044	4.21933	0,23271 057
30′	0,2334 454	0,9723 699	0,2400 787	4,16530	0.23561 945
40′	0.2362 729	0.9716 867	0,2431 575	4.11256	0.23852 833
50′	0.2390 984	0.9709 954	0,2462 405	4.06107	0.24143 721
14°	0,2419 219	0,9702 957	0,2493 280	4.01078	0,24434 609
10′	0,2447 433	0.9695 879	0,2524 200	3.96165	0,24725 498
20′	0,2475 627	0.9688 718	0,2555 165	3,91364	0,25016 386
30′	0.2503 800	0.9681 476	0,2586 176	3.86671	0.25307 274
40′	0,2531 952	0,9674 152	0.2617 234	3.82083	0,25598 162
50′	0.2560 082	0,9666 746	0.2648 339	3.77595	0.25889 051
15°	0.2588 190	0,9659 258	0,2679 492	3,73205	0,26179 939
10′	0,2616 277	0,9651 688	0,2710 693	3.68909	0,26470 827
20′	0,2644 342	0,9644 037	0,2741 944	3.64705	0.26761 715
30′	0,2672 384	0,9636 305	0,2773 245	3.60588	0.27052 603
40′	0,2700 403	0,9628 490	0,2804 597	3.56557	0.27343 492
50′	0.2728 400	0.9620 594	0,2835 999	3.52609	0.27634 380

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
16°	0,2756 374	0,9612 617	0,2867 453	3,48741	0.27925 268
10′	0,2784 324	0,9604 558	0,2898 961	3,44951	0,28216 156
20′	0,2812 251	0,9596 418	0,2930 521	3,41236	0,28507 044
30′	0,2840 153	0,9588 197	0,2962 135	3.37594	0.28797 933
40′	0,2868 032	0,9579 895	0,2993 803	3,34023	0,29088 821
50′	0,2895 887	0,9571 512	0,3025 527	3,30521	0,29379 709
17°	0,2923 717	0,9563 048	0,3057 306	3,27085	0,29670 597
10′	0,2951 522	0,9554 502	0,3089 143	3,23714	0,29961 485
20′	0,2979 303	0,9545 876	0,3121 036	3,20406	0,30252 374
30′	0,3007 058	0,9537 169	0,3152 988	3,17159	0,30543 262
40′	0,3034 788	0,9528 382	0,3184 998	3,13972	0,30834 150
50′	0,3062 492	0,9519 514	0,3217 067	3,10842	0,31125 058
18°	0,3090 170	0,9510 565	0,3249 196	3,07768	0,31415 926
10′	0,3117 822	0,9501 536	0,3281 387	3,04749	0,31706 815
20′	0,3145 448	0,9492 426	0,3313 639	3.01783	0.31997 703
30′	0,3173 047	0,9483 236	0,3345 953	2,98869	0,32288 591
40′	0,3200 619	0,9473 966	0,3378 330	2,96004	0,32579 479
50′	0,3228 164	0,9464 616	0,3410 771	2,93189	0.32870 368
19°	0.3255 682	0,9455 185	0,3443 277	2,90421	0,33161 256
10′	0.3283 172	0,9445 675	0,3475 846	2,87700	0,33452 144
20′	0,3310 634	0,9436 085	0,3508 483	2,85023	0,33743 031
30′	0,3338 069	0,9426 415	0,3541 186	2,82391	0,34033 920
40′	0,3365 475	0,9416 665	0,3573 956	2,79802	0,34324 809
50′	0.3392 853	0,9406 835	0,3606 795	2,77254	0,34615 697
20°	0,3420 202	0,9396 926	0,3639 703	2,74748	0,34906 585
10′	0.3447 522	0,9386 937	0,3672 680	2,72281	0,35197 473
20′	0,3474 813	0,9376 869	0,3705 728	2,69853	0,35488 361
30′	0,3502 074	0,9366 722	0,3738 847	2,67462	0,35779 250
40′	0,3529 306	0,9356 495	0,3772 038	2,65109	0,36070 138
50′	0,3556 508	0,9346 189	0.3805 303	2,62791	0.36301 026
21°	0,3583 679	0,9335 804	0,3838 640	2,60509	0,36651 914
10′	0,3610 821	0,9325 340	0,3872 053	2,58261	0,36942 802
20′	0,3637 932	0,9314 797	0,3905 541	2,56046	6,37233 691
30′	0,3665 013	0,9304 175	0,3939 105	2,53865	0,37524 579
40′	0,3692 062	0,9293 475	0,3972 746	2,51715	0,37815 467
50′	0,3719 080	0,9282 696	0,4006 465	2,49597	0,38106 355
22°	0,3746 066	0,9271 839	0,4040 262	2,47509	0,33397 243
10′	0,3773 021	0,9260 903	0,4074 139	2,45451	0,38688 132
20′	0,3799 944	0,9249 888	0,4108 097	2,43422	0,38979 020
30′	0,3826 834	0,9238 795	0,4142 136	2,41422	0,39269 908
40′	0,3853 693	0,9227 624	0,4176 257	2,39449	0,39560 796

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
50′	0,3880 518	0,9216 375	0,4210 460	2,37504	0,39851 685
23°	0,3907 311	0,9205 049	0,4244 748	2,35585	0,40142 573
10′	0,3934 071	0,9193 644	0,4279 120	2,33693	0,40133 461
20′	0,3960 798	0,9182 161	0,4313 579	2,31826	0,40724 349
30′	0,3987 491	0,9170 601	0,4348 124	2,29984	0,41015 237
40′	0,4014 150	0,9158 963	0,4382 756	2,28167	0,41306 126
50′	0,4040 775	0,9147 247	0,4417 476	2,26374	0,41597 014
24°	0,4067 366	0,9135 454	0,4452 286	2,24604	0,41887 902
10′	0,4093 923	0,9123 584	0,4487 187	2,22857	0,42178 790
20′	0,4120 446	0,9111 637	0,4522 179	2,21132	0,42469 678
30′	0,4146 932	0,9099 613	0,4557 264	2,19430	0,42760 567
40′	0,4173 385	0,9087 511	0,4592 439	2,17749	0,43051 455
50′	0,4199 801	0,9075 333	0,4627 709	2,16090	0,43342 343
25°	0,4226 183	0,9063 078	0,4663 076	2,14451	0,43633 231
10′	0,4252 528	0,9050 746	0,4698 539	2,12832	0,43924 119
20′	0,4278 838	0,9038 338	0,4734 098	2,11233	0,44215 008
30′	0,4305 111	0,9025 853	0,4769 755	2,09654	0,44505 896
40′	0,4331 348	0,9013 291	0,4805 512	2,08094	0,44796 784
50′	0,4357 548	0,9000 654	0,4841 368	2,06553	0,45087 672
26°	0,4383 712	0,8987 940	0,4877 326	2,05030	0,45378 561
10′	0,4409 838	0,8975 151	0,4913 386	2,03526	0,45669 449
30′	0,4435 927	0,8962 285	0,4949 549	2,02039	0,45960 337
20′	0,4461 978	0,8949 343	0,4985 816	2,00569	0,46251 225
40′	0,4487 992	0,8936 327	0,5022 189	1,99116	0,46542 113
50′	0,4513 968	0,8923 233	0,5058 668	1,97680	0,46833 002
27°	0,4539 905	0,8910 065	0,5095 255	1,96261	0,47123 890
10′	0,4565 804	0,8896 821	0,5131 950	1,94858	0,47414 778
20′	0,4591 664	0,8883 502	0,5168 755	1,93470	0,47705 666
30′	0,4617 486	0,8870 108	0,5205 670	1,92098	0,47996 554
40′	0.4643 269	0,8856 639	6,5242 698	1,90741	0,48287 443
50′	0,4669 012	0,8843 095	0,5279 839	1,89400	0,48578 331
28°	0,4694 716	0,8829 476	0,5317 094	1,88073	0,48869 219
10′	0,4720 380	0,8815 782	0,5354 465	1,86760	0,49160 107
20′	0,4746 004	0,8802 014	0,5391 952	1,85462	0,49450 995
30′	0,4771 588	0,8788 171	0,5429 557	1,84177	0,49741 884
40′	0,4797 131	0,8774 254	0,5467 281	1,82906	0,50032 772
50′	0,4822 634	0,8760 262	0,5505 125	1,81649	0,50323 660
29°	0,4848 096	0,8746 197	0,5543 091	1,80405	0,50614 548
10′	0,4873 517	0,8732 058	0,5581 179	1,79174	9,60905 436
20′	0,4898 897	0,8717 844	0,5619 391	1,77955	0,51196 325

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
30′	0,4924 235	0,8703 557	0,5657 728	1,76749	0,51487 213
40′	0,4949 533	0,8689 196	0,5696 191	1,75556	0,51778 104
50′	0,4974 787	0,8674 702	0,5734 783	1,74375	0,52068 989
30°	0,5000 000	0,8660 254	0,5773 503	1,73205	0,52359 877
10′	0,5025 170	0,8645 673	0,5812 353	1,72047	0,52650 766
20′	0,5050 299	0,8631 019	0,5851 335	1,70901	0,51944 654
30′	0,5075 384	0,8616 292	0,5890 450	1,69766	0,53232 542
40′	0,5100 426	0,8601 491	0,5929 699	1,68643	0,53523 430
50′	0,5125 425	0,8586 618	0,5969 084	1,67530	0,53814 319
31°	0,5150 381	0,8571 673	0,6008 606	1,66428	0,54105 207
10′	0,5175 293	0,8556 655	0,6048 266	1,65337	0,54396 095
20′	0,5200 161	0,8541 564	0,6088 067	1,64256	0,54686 983
30′	0,5224 986	0,8526 402	0,6128 008	1,63185	0,54977 871
40′	0,5249 766	0,8511 166	0,6168 092	1,62125	0,55268 760
50′	0,5274 502	0,8495 860	0,6208 320	1,61074	0,55559 648
32°	0,5299 193	0,8480 481	0,6248 693	1,60033	0,55850 536
10′	0,5323 839	0,8465 030	0,6289 215	1,59002	0,56141 424
20′	0,5348 440	0,8449 508	0,6329 883	1,57981	0,56432 312
30′	0,5372 996	0,8433 914	0,6370 703	1,56969	0,56723 201
40′	0,5397 507	0,8418 249	0,6411 673	1,55966	0,57014 089
50′	0,5421 971	0,8402 513	0,6452 797	1,54972	0,57304 977
33°	0,5446 390	0,8386 706	0,6494 081	1,53986	0,57595 865
10′	0,5470 763	0,8370 827	0,6535 511	1,53010	0,57886 754
20′	0,5495 000	0,8354 878	0,6577 103	1,52043	0,58177 642
30′	0,5519 370	0,8338 858	0,6618 856	1,51084	0,58468 530
40′	0,5543 603	0,8322 768	0,6660 769	1,50133	0,58759 418
50′	0,5567 790	0,8306 607	0,6702 845	1,49190	0,59050 306
34°	0,5591 929	0,8290 376	0,6745 083	1,48256	0,59341 195
10′	0,5616 021	0,8274 074	0,6787 492	1,47330	0,59632 083
20′	0,5640 065	0,8257 703	0,6830 066	1,46411	0,59922 971
30′	0,5664 062	0,8241 262	0,6872 810	1,45501	0,60213 859
40′	0,5688 011	0,8224 751	0,6915 724	1,44598	0,60504 747
50′	0,5711 912	0,8208 170	0,6958 813	1,43703	0,60795 636
35°	0,5735 764	0,8191 521	0,7002 076	1,42815	0,61086 524
10′	0,5759 568	0,8174 801	0,7045 515	1,41934	0,61377 412
20′	0,5783 423	0,8158 013	0,7089 133	1,41061	0,61668 300
30′	0,5807 030	0,8141 155	0,7132 931	1,40195	0,61959 188
40′	0,5830 687	0,8124 229	0,7176 911	1,39336	0,62250 077
50′	0,5854 294	0,8107 233	0,7221 075	1,38484	0,62540 965
36°	0,5877 833	0,8090 170	0,7265 425	1,37638	0,62831 853

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
10′	0,5901 361	0,8073 038	0,7309 963	1,36800	0,63122 741
20′	0,5924 819	0,8055 837	0,7354 691	1,35968	0,63413 629
30′	0,5928 228	0,8038 569	0,7399 611	1,35142	0,63704 518
40′	0,5971 586	0,8021 232	0,7444 724	1,34323	0,63995 406
50′	0,5994 893	0,8003 827	0,7490 033	1,33511	0,64286 294
37°	0,6018 150	0,7986 355	0,7535 540	1,32704	0,64577 182
10′	0,6041 356	0,7968 815	0,7581 248	1,31904	0,64868 070
20′	0,6064 511	0,7951 208	0,7627 157	1,31110	0,65158 959
30′	0,6087 614	0,7933 533	0,7673 270	1,30323	0,65449 847
40′	0,6110 666	0,7915 792	0,7719 589	1,29541	0,65740 735
50′	0,6133 666	0,7897 983	0,7766 117	1,28764	0,66031 623
38°	0,6156 615	0,7880 107	0,7812 855	1,27994	0,66322 512
10′	0,6179 511	0,7862 165	0,7859 808	1,27230	0,66613 400
20′	0,6202 355	0,7844 157	0,7906 975	1,26471	0,66904 288
30′	0,6225 146	0,7826 082	0,7954 359	1,25717	0,67195 176
40′	0,6247 885	0,7807 940	0,8001 963	1,24969	0,67486 064
50′	0,6270 571	0,7789 733	0,8049 790	1,24227	0,67776 953
39°	0,6293 204	0,7771 460	0,8097 841	1,23490	0,68067 841
10′	0,6315 784	0,7753 121	0,8146 118	1,22758	0,68358 729
20′	0,6338 309	0,7734 716	0,8194 625	1,22031	0,68649 617
30′	0,6360 782	0,7716 246	0,8243 364	1,21310	0,68940 505
40′	0,6383 201	0,7697 710	0,8292 337	1,20593	0,68231 394
50′	0,6405 566	0,7679 110	0,8341 547	1,19882	0,69522 282
40°	0,6427 875	0,7660 444	0,8390 996	1,19175	0,69813 170
10′	0,6450 132	0,7641 714	0,8440 688	1,18474	0,70104 058
20′	0,6472 334	0,7622 919	0,8490 624	1,17777	0,70394 947
30′	0,6494 480	0,7604 060	0,8540 807	1,17085	0,70685 835
40′	0,6516 572	0,7585 136	0,8591 247	1,16398	0,70976 723
50′	0,6538 609	0,7566 147	0,8641 926	1,15715	0,71267 611
41°	0,6560 590	0,7547 096	0,8692 868	1,15037	0,71558 499
10′	0,6582 516	0,7527 980	0,8744 067	1,14363	0,71849 388
20′	0,6604 386	0,7508 800	0,8795 528	1,13694	0,72140 276
30′	0,6626 201	0,7489 557	0,8847 253	1,13029	0,72431 164
40	0,6647 959	0,7470 251	0,8899 245	1,12369	0,72722 052
50′	0,6669 661	0,7450 881	0,8951 506	1,11713	0,73012 940
42°	0,6691 306	0,7431 448	0,9004 039	1,11061	0,73303 829
10′	0,6712 895	0,7411 953	0,9056 851	1,10414	0,73594 717
20′	0,6734 427	0,7392 394	0,9109 941	1,09770	0,73885 605
30′	0,6755 902	0,7372 773	0,9163 312	1,09131	0,74176 493
40′	0,6777 320	0,7353 090	0,9216 968	1,08496	0,74467 381
50′	0,6789 681	0,7333 345	0,9270 614	1,07864	0,74758 270

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
43°	0,6819 984	0,7313 537	0,9325 151	1,07237	0,75049 158
10′	0,6841 229	0,7293 667	0,9379 683	1,06613	0,75340 046
20′	0,6862 416	0,7273 736	0,9434 513	1,05994	0,75630 934
30′	0,6883 545	0,7253 744	0,9489 646	1,05378	0,75921 822
30′	0,6904 617	0,7223 690	0,9545 083	1,04766	0,76212 711
40′	0,6925 630	0,7213 754	0,9600 829	1,04158	0,76503 599
44°	0,6946 584	0,7193 398	0,9656 889	1,03553	0,76794 487
10′	0,6967 479	0,7173 161	0,9713 262	1,02952	0,77085 375
20′	0,6988 315	0,7152 863	0,9769 956	1,02355	0,77376 263
30′	0,7009 093	0,7132 505	0,9826 973	1,01761	0,77667 152
40′	0,7029 810	0,7112 086	0,9884 316	1,01170	0,77958 040
50′	0,7050 469	0,7091 607	0,9941 991	1,00583	0,78248 928
45°	0,7071 068	0,7071 068	1,0000 000	1,00000	0,78539 816
30′	0,7132 505	0,7009 093	1,0176 074	0,98270	0,79412 481
46°	0,7193 398	0,6946 584	1,0355 305	0,96569	0,80285 146
30′	0,7253 744	0,6883 545	1,0537 801	0,94896	0,81157 810
47°	0,7313 537	0,6819 984	1,0723 686	0,93252	0,82030 475
30′	0,7372 773	0,6755 902	1,0913 085	0,91633	0,82903 139
48°	0,7431 448	0,6691 306	1,1106 125	0,90040	0,83775 804
30′	0,7489 557	0,6626 201	1,1302 944	0,88473	0,84648 469
49°	0,7547 096	0,6560 590	1,1503 684	0,86929	0,85521 133
30′	0,7694 060	0,6494 480	1,1708 496	0,85408	0,86393 798
50°	0,7660 444	0,6427 875	1,1917 536	0,83910	0,87266 463
30′	0,7716 246	0,6360 782	1,2130 970	0,82434	0,88139 127
51°	0,7771 460	0,6293 204	1,2348 971	0,80978	0,89011 792
30′	0,7826 082	0,6225 146	1,2571 723	0,79544	0,89884 455
52°	0,7880 107	0,6156 615	1,2799 417	0,78129	0,90757 121
30′	0,7933 583	0,6087 614	1,3032 254	0,76733	0,91629 786
53°	0,7986 355	0,6018 150	1,3270 448	0,75355	0,92502 450
30′	0,8038 569	0,5948 228	1,3514 224	0,73996	0,93375 115
54°	0,8090 170	0,5877 853	1,3763 819	0,72654	0,94247 780
30′	0,8141 155	0,5807 030	1,4019 483	0,71329	0,95120 444
55°	0,8191 521	0,5735 764	1,4281 473	0,70021	0,95993 109
30′	0,8241 262	0,5664 062	1,4550 090	0,68728	0,96865 773
56°	0,8290 376	0,5591 929	1,4825 610	0,67451	0,97738 438
30′	0,8338 858	0,5519 370	1,5108 352	0,66189	0,98611 103
57°	0,8386 706	0,5446 390	1,5398 649	0,64941	0,99483 767
30′	0,8433 914	0,5372 996	1,5696 856	0,63607	1,00356 432
58°	0,8480 481	0,5299 193	1,6003 345	0,62487	1,01229 097
30′	0,8526 402	0,5224 986	1,6318 517	0,61280	1,02101 761
59°	0,8571 673	0,5150 381	1,6642 797	0,60086	1,02974 426

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
30′	0,8616 292	0,5075 384	1,6976 631	0,58904	1,03847 090
60°	0,8660 254	0,5000 000	1,7320 508	0,57735	1,04719 755
30′	0,8703 557	0,4924 236	1,7674 940	0,56577	1,05592 420
61°	0,8746 197	0,4848 096	1,8040 477	0,55431	1,06465 084
30′	0,8788 171	0,4771 588	1,8417 709	0,54296	1,07337 749
62°	0,8829 476	0,4694 716	1,8807 264	0,53171	1,08210 414
30′	0,8870 108	0,4617 486	1,9209 821	0,52057	1,09083 078
63°	0,8910 065	0,4539 905	1,9626 104	0,50953	1,09955 743
30	0,8949 343	0,4461 978	2,0056 897	0,49858	1,10828 407
64°	0,8987 940	0,4383 712	2,0503 038	0,48773	1,11701 072
30′	0,9025 853	0,4305 111	2,0965 436	0,47698	1,12573 737
65°	0,9063 078	0,4226 183	2,1445 069	0,46631	1,13446 701
30′	0,9099 613	0,4146 932	2,1942 997	0,45573	1,14319 066
66°	0,9135 454	0,4067 366	2,2460 368	0,44523	1,15191 731
30′	0,9170 601	0,3987 491	2,2998 425	0,43481	1,16064 395
67°	0,9205 049	0,3907 311	2,3558 527	0,42447	1,16937 060
30′	0,9238 795	0,3826 834	2,4142 136	0,41421	1,17809 724
68°	0,9271 839	0,3746 066	2,4750 869	0,40403	1,18682 329
30′	0,9304 175	0,3665 013	2,5386 479	0,39391	1,19553 054
69°	0,9335 804	0,3583 679	2,6050 892	0,38386	1,20427 718
30′	0,9366 722	0,3502 074	2,6746 215	0,37388	1,21300 383
70°	0,9396 926	0,3420 202	2,7474 772	0,36397	1,22173 048
30′	0,9426 415	0,3338 069	2,8239 129	0,35412	1,23045 712
71°	0,9455 185	0,3255 682	2,9042 106	0,34433	1,23918 377
30′	0,9483 236	0,3173 047	2,9886 850	0,33460	1,24791 042
72°	0,9510 057	0,3090 170	3,0766 837	0,32492	1,25663 706
30′	0,9537 169	0,3007 058	3,1715 948	0,31530	1,26536 371
73°	0,9563 048	0,2923 717	3,2708 526	0,30573	1,27409 035
30′	0,9588 197	0,2840 153	3,3759 434	0,29621	1,28281 700
74°	0,9612 617	0,2756 374	3,4874 145	0,28675	1,29154 365
30′	0,9636 305	0,2672 384	3,6058 835	0,27732	1,30027 029
75°	0,9659 258	0,2588 190	3,7320 509	0,26795	1,30899 694
30′	0,9681 476	0,2503 800	3,8667 131	0,25862	1,31772 359
76°	0,9702 957	0,2419 219	4,0107 798	0,24933	1,32645 023
30′	0,9723 699	0,2334 454	4,1652 998	0,24008	1,33517 688
77°	0,9743 701	0,2249 511	4,3314 752	0,23087	1,34390 352
30′	0,9762 960	0,2164 396	4,5107 085	0,22169	1,35263 017
78°	0,9781 476	0,2079 117	4,7046 304	0,21256	1,36135 682
30′	0,9799 247	0,1993 679	4,9151 570	0,20345	1,37008 346
79°	0,9816 271	0,1908 090	4,1445 535	0,19438	1,37881 011

DEGRÉS	SINUS NATURELS	COSINUS NATURELS	TANGENTES NATURELLES	COTANGENTES NATURELLES	DÉVELOPPEMENT DE L'ARC correspondant.
30′	0,9832 549	0,1822 355	5,3955 172	0,18534	1,38753 676
80°	0,9848 077	0,1736 482	5,6712 805	0,17633	1,39626 340
30′	0,9862 856	0,1650 476	5,9757 644	0,16734	1,40499 005
81°	0,9876 883	0,1564 345	6,3137 522	0,15838	1,41371 669
30′	0,9890 158	0,1478 094	6,6911 562	0,14945	1,42244 334
82°	0,9902 680	0,1391 731	7,1153 705	9,14054	1,43116 999
30′	0,9914 449	0,1305 262	7,5957 541	0,13165	1,43989 663
83°	0,9925 462	0,1218 693	8,1443 444	0,12278	1,44862 328
30′	0,9935 718	0,1132 032	8,7768 874	0,11394	1,45734 993
84°	0,9945 218	0,1045 284	9,5143 652	0,10510	1,46607 657
30′	0,9953 962	0,0958 458	10,3853 970	0,09629	1,47480 322
85°	0,9961 947	0,0871 557	11,4300 526	0,08749	1,48352 986
30′	0,9969 173	0,0784 591	12,7062 040	0,07870	1,49225 651
86°	0,9975 640	0,0697 563	14,3006 677	0,06993	1,50098 316
30′	0,9981 348	0,0610 485	16,3498 550	0,06116	1,50970 980
87°	0,9986 295	0,0523 360	19,0811 359	0,05241	1,51843 645
30′	0,9990 482	0,0436 194	22,9037 650	0,04366	1,52716 310
88°	0,9993 908	0,0348 995	28,6362 500	0,03492	1,53588 974
30′	0,9996 573	0,0261 769	38,1884 590	0,02619	1,54461 639
89°	0,9998 477	0,0174 524	57,2899 605	0,01746	1,55334 303
30′	0,9999 619	0,0087 265	114,5886 500	0,00873	1,56205 968
90°	1,0000 000	0,0000 000	Infinie.	0,00000	1,57079 633

DÉVELOPPEMENT DES ARCS

Pour tous les degrés du cercle et pour un mètre de rayon.

DEGRÉS	DÉVELOPPEMENT DES ARCS	DEGRÉS	DÉVELOPPEMENT DES ARCS
1	0,01745 32925 19943 29577	11	0,19198 62177 19376 25346
2	0,03490 65850 39886 59154	12	0,20943 95102 39319 54923
3	0,05235 98775 59829 88731	13	0,22689 28027 59262 84500
4	0,06981 31700 79773 18308	14	0,24434 60952 79206 14077
5	0,08726 64625 99716 47885	15	0,26179 93877 99149 43654
6	0,10471 97551 19659 77462	16	0,27925 26803 19092 73231
7	0,12217 30476 39603 07038	17	0,29670 59728 39036 02808
8	0,13962 63401 59546 36615	18	0,31415 92653 58979 32385
9	0,15707 93326 79489 66192	19	0,33161 25578 78922 61962
10	0,17453 29251 99432 95769	20	0,34906 58503 98865 91538

DEGRÉS	DÉVELOPPEMENT DES ARCS	DEGRÉS	DÉVELOPPEMENT DES ARCS
21	0,36651 91429 18809 21115	66	1,15191 73063 16257 52077
22	0,38397 24354 38752 50692	67	1,16937 05988 36200 81654
23	0,40142 57279 58695 80269	68	1,18682 38913 56144 11231
24	0,41887 90204 78639 09846	69	1,20427 71838 76087 40808
25	0,43633 23129 98582 39423	70	1,22173 04763 96030 70385
26	0,45378 56055 18525 69000	71	1,23918 37689 15973 99962
27	0,47123 88980 38468 98577	72	1,25663 70614 35917 29539
28	0,48869 21905 58412 28154	73	1,27409 03539 55860 59115
29	0,50614 54830 78355 57731	74	1,29154 39464 75803 88692
30	0,52359 87775 98298 87308	75	1,30899 69389 95747 18269
31	0,54105 20681 18242 16885	76	1,32645 02315 15690 47846
32	0,55850 53606 38185 46462	77	1,34390 35240 35633 77423
33	0,57595 86531 58128 76038	78	1,36135 68165 55577 07000
34	0,59341 19456 78072 05615	79	1,37881 01090 75520 36577
35	0,61086 52381 98015 35192	80	1,39626 34015 95463 66154
36	0,62831 85307 17958 64769	81	1,41371 66941 15406 95731
37	0,64577 18232 37901 94346	82	1,43116 99866 35350 25308
38	0,66322 51157 57845 23923	83	1,44862 32791 55293 54885
39	0,68067 84082 77788 53500	84	1,46607 65716 75236 84462
40	0,69813 17007 97731 83077	85	1,48352 98641 95180 14039
41	0,71558 49933 17675 12654	86	1,50098 31567 15123 43615
42	0,73303 82858 37618 42231	87	1,51843 64492 35066 73192
43	0,75049 15783 57561 71808	88	1,53588 97417 55010 02769
44	0,76794 48708 77505 01385	89	1,55334 30342 74953 32346
45	0,78539 81633 97448 30962	90	1,57079 63267 94896 61923
46	0,80285 14559 17391 60538	91	1,58824 96193 14839 91500
47	0,82030 47484 37334 90115	92	1,60570 29118 34783 21077
48	0,83775 80409 27278 19692	93	1,62315 62043 54726 50654
49	0,85521 13334 77221 49269	94	1,64060 94968 74669 80231
50	0,87266 48259 97164 78846	95	1,65806 27893 94613 09808
51	0,89011 79185 17108 08423	96	1,67551 60819 14556 39385
52	0,90757 12110 37051 38000	97	1,69296 93744 34499 68962
53	0,92502 45035 56994 67577	98	1,71042 26669 54442 98539
54	0,94247 77960 76937 97154	99	1,72787 59594 74386 28115
55	0,95993 10885 96881 26731	100	1,74532 92519 94329 57692
56	0,97738 43811 16824 56308	120	2,09439 51023 93195 49231
57	0,99483 76736 36767 85885	150	2,61799 38779 91494 36539
58	1,01229 09661 56711 15462	180	3,14159 26535 89793 23846
59	1,02974 42586 76654 45038	210	3,66519 14291 88092 11154
60	1,04719 75511 96597 74615	240	4,18879 02047 86390 98462
61	1,06465 08437 16541 04192	270	4,71238 89803 84689 85769
62	1,08210 41362 36484 33769	300	5,23598 77559 82988 73077
63	1,09955 74287 56427 63346	330	5,75958 65315 81287 60385
64	1,11701 07212 76370 92923	360	6,28318 53071 79586 47693
65	1,13446 40137 96314 22500		

La longueur totale de l'arc de 1° dans le cercle dont le rayon égale 1 est :

$$\frac{\pi}{180} = 0,01745\ 32925\ 19943\ 29576\ 92369$$

La longueur de l'arc de 1′ dans le cercle dont le rayon égale 1 est :

$$\frac{\pi}{10\,800} = 0,00029\ 08882\ 08665\ 72159\ 61539$$

La longueur de l'arc de 1″ dans le cercle dont le rayon égale 1 est :

$$\frac{\pi}{648\,000} = 0,00000\ 48481\ 36811\ 09535\ 99359$$

Dans le cercle d'un mètre de rayon un arc quelconque a a pour mesure :

en secondes	$a \times$	206 264,806 25
en minutes	$a \times$	3 437,746 77
en degrés	$a \times$	57,295 78

NOTES ET RENSEIGNEMENTS DIVERS

CONCERNANT LA CONSTRUCTION

Magasins. — Les magasins sont des locaux destinés à abriter des marchandises. Ils sont soumis, suivant la nature des objets qu'ils doivent contenir, à une législation spéciale. (Établissements dangereux.)

Suivant la coutume de Paris, un magasin destiné à recevoir du sel, ou des salaisons quelconques, doit être muni au droit du mur mitoyen d'un contre-mur de $0^{m},33$ d'épaisseur et s'enfonçant d'au moins 1 mètre dans le sol.

Les magasins à sel n'ont jamais plus de deux étages de $2^{m},80$ de hauteur. Les tonneaux à sel ont 1 mètre de long, $0^{m},70$ de diamètre, contiennent $0^{m3},330$ environ et pèsent 204 kilogrammes.

Chaque mètre carré de sol ou de plancher est chargé d'environ 800 kilogrammes, en supposant trois tonneaux superposés.

Les fenêtres, ouvertes au-dessus d'appui, ont de $0^{m},95$ à

1m,10 de large et 1m,25 au moins de hauteur. Elles sont espacées, d'axe en axe, d'environ 4 mètres.

La ventilation doit être très énergique.

Remises. — Un chariot de moisson ou à fumier a environ 6m,30 à 7m,50 de long avec timon, et sans timon 3m,80 à 4m,80. La largeur est de 2 mètres à 2m,20.

Une charrue a 2m,50 à 3 mètres de long, et 1m,30 à 1m,70 de large.

Chaque herse (posée de champ) occupe une surface de 0m²,500.

Une moissonneuse a 6m,20 de long et 3m,60 de large, il faut ajouter 3m,50 pour le timon.

Un semoir en lignes, 3 mètres de long, 2m,30 de large.

Une locomobile a 3 mètres de long sur 1m,80 de large.

Un semoir à volée a 4 mètres de long sur 4 mètres de large.

Une voiture, sans timon, a 3 mètres à 4 mètres de long, sur 1m,60 à 1m,90 de large. Avec timon, il faut compter 6m,30 de long. La hauteur peut aller jusqu'à 2m,80.

Une pompe à incendie a 3 mètres de long sur 1m,60 de large et 1m,90 de haut; avec timon, la longueur devient 5m,40.

Les portes de remises doivent avoir : pour voitures, 2m,50 et 3 mètres de hauteur ; pour chariot, 4m,40 de largeur, de manière à faciliter le rangement intérieur.

Granges. — Les façades doivent être exposés au levant ou au couchant. Les bâtiments doivent être espacés d'au moins 8 mètres.

Les granges peuvent être calculées comme grandeur à 50 mètres cubes par hectare de terre cultivée en grain. Elles doivent être munies de quelques fenêtres garnies de grillages pour éviter les oiseaux granivores; être élevées au-dessus du sol de manière à éviter toute humidité.

L'aire d'une grange a 30 centimètres d'épaisseur et demande par mètre carré 0m³,470 de terre franche creusée et 0m,01 tonne d'eau de goudron.

La hauteur est de 4m,50 à 5 mètres.

Poulaillers. — Aire en terre battue, sablage fin et sec sous les juchoirs ou perchoirs pour empêcher les fientes d'adhérer au sol. Toiture isolante, chaume ou tuile. En entretenant dans un grand poulailler une température d'environ 18°, on obtient presque autant d'œufs en hiver qu'en été. Aussi quand on le

peut on adosse le poulailler à un fournil. Au poulailler est adjoint une cour au sol graveleux et sec.

Les murs sont épais, blanchis à la chaux, quelquefois on y ménage des niches qui servent de pondoir, mais on peut aussi préparer les nids des poules au moyen de casiers de $0^m,25 \times 0^m,25$ placés les uns au-dessus des autres et tous desservis par une échelle placée contre qui permet aux poules d'accéder aux différents étages.

Les juchoirs sont des espèces d'échelles inclinées à 45°, et dont les bâtons sont espacés de $0^m,50$ environ. On fait aussi des perchoirs horizontaux établis pour se relever comme un abattant de manière à faciliter le nettoyage, Cette disposition a aussi l'avantage d'assurer la concorde parmi les poules en les empêchant de se battre pour occuper les échelons supérieurs, ce qui arrive toujours avec le perchoir incliné.

Lapinières. — On peut compter dans l'établissement des clapiers environ $0^{m2},500$ par compartiment pour un lapin mâle et 1 mètre carré pour une femelle. Hauteur minimum $0^m,60$.

On peut installer une garenne artificielle en creusant le sol à $1^m,80$ ou 2 mètres puis garnir le trou d'un fort grillage galvanisé et remblayer.

Magnaneries. — Les magnaneries sont des bâtiments consacrés à l'élevage des vers à soie. Il faut calculer l'emplacement sur la place que les vers à soie doivent occuper dans leur dernier âge, c'est-à-dire au moment de faire leurs cocons; cent vers demandent un espace de $0^m,33$ de côté pour être à leur aise. On dispose dans un local spécial des tablettes ou des claies de $1^m,33$ de largeur sur 2 mètres de longueur en laissant tout autour des espaces vides de $0^m,70$ au moins pour faire le service des vers ; on laisse entre chaque étage de tablettes $0^m,66$ d'intervalle pour que les vers aient suffisamment d'air. On choisira de préférence l'exposition du levant ou celle du couchant comme étant la plus tempérée. Dans les diverses dispositions d'une magnanerie, on aura en vue de ménager l'extrême sensibilité des vers à soie et de leur procurer le renouvellement d'air qui contribue puissamment à leur santé. La principale entrée ne communiquera pas immédiatement avec l'air extérieur, et sera précédée d'un vestibule, les fenêtres seront nombreuses ; à l'intérieur, seront disposés des appareils de chauffage pour entretenir constamment une température de 25°.

Bergeries. — Forte maçonnerie, couverture en tuile étanche, exposition au midi autant que possible.

Il faut compter en moyenne par tête 1 mètre carré. La hauteur varie suivant la largeur du bâtiment de 3 à 4 mètres. Les portes ont 1 mètre de large et $1^m,90$ de hauteur. Tous les 4 mètres environ une fenêtre d'environ 1 mètre de large sur $0^m,75$ de haut et placée à environ 2 mètres du sol.

D'après les documents de la société *la Hütte* on peut aussi tabler sur les données suivantes :

Superficie exigée :

par 1 animal de 1 an	$0^{m2},500$ à $0^{m2},600$	ou bien en moyenne
— 1 mouton	$0^{m2},600$ à $0^{m2},700$	$0^{m2},600$ à $0^{m2},700$
— 1 brebis mère	$0^{m2},700$ à $0^{m2},800$	par animal.

La profondeur ne doit pas être inférieure à $9^m,50$ et ne pas dépasser $12^m,50$. Comme emplacement des râteliers, on compte pour une brebis une superficie de 1 mètre de long sur $0^m,40$ de large ; les râteliers doubles sont les uns des autres à une distance de $2^m,80$ de milieu à milieu et sont à $1^m,90$ des façades.

Dans chaque intervalle de fermes sont disposés des appels d'air mesurant $0^m,16$ à $0^m,21$ de côté.

Les plafonds, s'il y a des greniers, sont clayonnés et ont au moins $0^m,16$ d'épaisseur.

L'aire des bergeries doit être à $0^m,16$ en contre-haut du sol extérieur, elle peut être en béton et doit avoir une pente de $0^m,02$ par mètre pour amener les liquides aux rigoles.

Un mouton dépense 100 kilogrammes de foin pendant les 6 mois de mauvaise saison.

L'arête inférieure du râtelier est à $0^m,47$ au-dessus du sol de la bergerie, il a $0^m,47$ de hauteur, est légèrement incliné et les bâtons sont espacés de $0^m,10$.

Une brebis et un bélier au moment de la reproduction nécessitent un espace séparé de 2 mètres carrés.

L'infirmerie doit pouvoir contenir environ 6 p. 100 de la totalité des moutons.

Porcheries. — La façade doit être orientée au sud :

Il faut, pour un porc de	grosse race	$1^{m2},000$
—	petite race	0,800
—	lait	0,500 à 0,600
— pour un verrat		3,000 à 3,500
— — une truie		3,500 à 4,000, soit un

emplacement de $2^m,40$ de long sur $1^m,60$ de large.

Pour un porc d'engrais, il faut $1^{m2},600$ à 2 mètres carrés lorsque deux porcs se trouvent ensemble ; dans le cas où plu-

sieurs porcs se trouvent à côté les uns des autres, il suffit de compter 1^{m2},200 à 1^{m2},600 par animal.

Un verrat peut suffire à 10 ou 12 truies.

La hauteur des porcheries est de 2^{m},30 à 2^{m},50. Les cloisons de séparation ont 1^{m},25 à 1^{m},60 de hauteur.

Le sol doit être imperméable et n'offrir aucun interstice suffisant pour que le porc puisse y fouiller. On peut employer les briques dures sur champ et posées à bain de ciment sur un bon béton avec une pente d'environ 1/12.

Les auges ont 0^{m},32 de largeur et doivent avoir une capacité assurant environ 12 litres par porc.

Bouveries. — La façade exposée au levant est propice ; on peut aussi l'orienter au midi avec fenêtres au nord.

La largeur minima d'une étable pour un seul rang d'animaux est de 5 mètres, qui se décompose : 3^{m},50 pour la crèche et l'animal, 1 mètre au moins pour le couloir de service, 0^{m},50 pour la suspension des jougs.

Emplacement des stalles sans compter la mangeoire pour :

1 bœuf, 2^{m},30 à 2^{m},50 de longueur sur 1 mètre à 1^{m},25 de largeur ;

1 vache, 2 mètres à 2^{m},20 de longueur sur 1 mètre à 1^{m},15 de largeur.

1 génisse, 1^{m},90 de longueur sur 0^{m},90 de largeur.

1 veau sevré dans écurie spéciale, 1^{m2},400 à 1^{m2},600.

Pour 30 ou 40 vaches, il faut un taureau.

Si le corridor est entre deux crèches, il doit avoir 1^{m},90 à 2 mètres.

Le passage pour le fumier, 1^{m},25 de large.

La hauteur intérieure convenable est de 3 mètres à 3^{m},50.

Les appels d'air de 0^{m},60 de largeur et 0^{m},20 de haut sont pratiqués le plus près possible du plafond et sont mus au moyen d'un tirage.

Les portes ont 1^{m},25 à 1^{m},50 et au moins 2 mètres de haut.

Les fenêtres placées à 1^{m},25 du sol doivent donner en surface 0^{m2},200 par mètre carré d'étable.

Il est bon d'assurer aussi la ventilation en traversant le plafond.

La hauteur des mangeoires au-dessus du sol est d'environ 0^{m},80. Elles ont 0^{m},50 de large, 0^{m},30 de profondeur, et se font en bois, en pierre ou en fonte émaillée.

Le sol peut être pavé avec une pente d'environ 0^{m},08 par mètre.

La quantité de fourrage à compter pour l'établissement du

grenier est de 1000 à 1100 kilogrammes ou 10 à 11 mètres cubes de foin pour l'hiver.

Les fenêtres du grenier ont 1 mètre sur 1 mètre, elles sont très distantes les unes des autres, de 10 à 15 mètres.

Le fourrage vert réclame $0^{m2},400$ à $0^{m2},600$ par tête de bétail.

Écuries. — Les orientations au midi ou au levant sont les meilleures dans nos climats.

Les écuries, ainsi que nos habitations, doivent réunir les conditions principales suivantes : l'abri contre l'humidité, la lumière, l'espace suffisant, une aération assurant toujours un air sain, un arrangement commode et un accès facile.

Dans les écuries ordinaires, les chevaux sont simplement attachés les uns à côté des autres ou bien séparés par des barres de bois appelées *bat-flancs*, qui sont suspendues au solivage ou bien encore par des cloisons fixes ou stalles en bois.

Les espaces nécessaires à affecter à chaque cheval varient avec le mode d'installation :

Dans les écuries communes, où les chevaux de travail sont placés sur un rang on compte $1^{m},50$ (au moins) de largeur par cheval. La longueur nécessaire se décompose ainsi qu'il suit : 1 mètre pour la mangeoire et l'attachage de l'animal, $2^{m},50$ pour le cheval, $1^{m},50$ pour le passage de service derrière les chevaux, soit en tout 5 mètres dans œuvre.

Avec stalles fixes, la largeur doit être portée à $1^{m},80$ (minimum) et la profondeur totale à 6 mètres.

Les boxes, qui sont des compartiments destinés à recevoir les chevaux sans attaches et libres de leurs mouvements, ont des dimensions beaucoup plus grandes : elles varient entre 4 mètres et 6 mètres pour la longueur, et 3 mètres et 5 mètres pour la largeur. La hauteur des séparations varie de 2 mètres à 3 mètres; la porte a $1^{m},10$ de largeur.

La hauteur la plus convenable est de $3^{m},75$ à 4 mètres, il est bon de ne pas dépasser $4^{m},40$ parce qu'une trop grande élévation rend les écuries froides.

Une porte ordinaire d'écurie doit avoir $1^{m},50$ sur $2^{m},30$. Elle peut s'ouvrir à coulisse ou être ferrée à pentures et à gonds ; on les fait souvent recoupées horizontalement vers le milieu, ce qui permet d'ouvrir la partie supérieure tout en gardant l'écurie close.

Les fenêtres se font quelquefois semi-circulaires, mais il est plus commode de les faire rectangulaires de 1 mètre de large sur $0^{m},65$ de haut et de les placer le plus près possible du plafond ; on les fait ouvrir à soufflet au moyen d'un tirage.

Le sol d'écurie doit toujours être plus élevé que le sol extérieur et l'écoulement des urines doit être assuré par une pente de 0m,03 à 0m,04, pas davantage, afin que la déclivité du sol ne soit pas une cause de fatigue pour le cheval.

L'aire, dans les écuries ordinaires, peut être pavée en pavés de granit appareillés bien plans, posés à bain de mortier sur un bon béton et soigneusement jointoyés en ciment.

Le pavage en bois debout est plus favorable aux pieds des chevaux mais s'imprègne facilement des urines.

En Allemagne, c'est un véritable plancher formé de madriers de chêne ou de mélèze espacés de 0m,01 à 0m,015 pour assurer l'écoulement des urines et reposant sur des solives placées en concordance avec les séparations. Chaque plancher ainsi formé peut être soulevé au besoin pour le nettoyage. Le sol sous ces planchers affecte deux pentes réunissant les eaux vers le centre pour les conduire aux caniveaux ; il peut être fait en béton avec chape en ciment, en asphalte sur béton ou enfin en brique jointoyée en ciment.

Avec ce système de plancher à claires-voies, l'écurie peut présenter dans son ensemble une surface horizontale.

Généralement, au-dessus des écuries est disposé un grenier à fourrage. Pour éviter que les émanations provenant de l'écurie viennent altérer le fourrage on doit faire un plancher maçonné, avec voûtains en briques ou hourdi en brique et mortier de ciment.

Dans le plancher, on fait passer, et on conduit jusqu'au faîtage, des conduites de ventilation destinées à évacuer l'air vicié. Les trappes que l'on ménage souvent au-dessous du râtelier pour faciliter le service, ont l'inconvénient, par la poussière que les fourrages dégagent, de nuire aux yeux et aux voies respiratoires des animaux. Il vaut mieux pratiquer une sortie à l'extérieur ou dans un compartiment entièrement séparé et de là faire le service.

La mangeoire doit avoir 0m,35 à 0m,40 d'ouverture par le haut et 0m,15 à 0m,25 de largeur au fond ; la profondeur, environ 0m,30. L'arête supérieure de la mangeoire est à 0m,95 ou 1m,10 du sol pour les petits chevaux et à 1m,20 ou 1m,30 pour les grands.

Les râteliers reposent sur des crampons scellés à 0m,35 environ au-dessus de la mangeoire. Ils ont 0m,65 à 0m,70 de hauteur, touchent au mur par le bas, et par le haut en sont éloignés d'environ 0m,40, c'est-à-dire qu'ils sont posés inclinés. Les barreaux, ou *roulons*, ont de 0m,02 à 0m,025 de diamètre et sont espacés de 0m,10 à 0m,13 d'axe en axe.

L'écurie établie contre un mur mitoyen doit être munie du contre-mur d'isolement de 0m,22 d'épaisseur.

Puits. — Le puits ordinaire a de 1 mètre à 1m,30 de diamètre intérieur et est entouré par une maçonnerie hydraulique de 0m,25 à 0m,30 d'épaisseur établie au fur et à mesure du creusement de manière à éviter le blindage indispensable, et suivant la nature du fond on termine par un rouet en bois qui permet l'introduction de l'eau.

Le puits peut être mitoyen ; s'il y a deux puits adossés à un mur séparatif il faut une distance de 1 mètre mesurée de l'intérieur des puits. Entre un puits et une fosse d'aisance, la distance minimum doit être de 1m,30.

Le puits artésien se fait à environ 2 à 3 décimètres de diamètre ; la profondeur varie avec celle des nappes souterraines.

Le puits tubulaire dit *instantané* peut rendre de grands services. Il se compose d'une pomme allongée, percée de trous, qui se visse sur un tube en fer de 0m,06 à 0m,07 de diamètre intérieur. On enfonce ce tube dans la terre au moyen d'une masse, puis on y ajoute, au moyen d'un écrou couvre-joint à double pas, un autre tube jusqu'à ce qu'on soit à la profondeur voulue ; puis on adapte à ce tube une pompe et on obtient de l'eau.

Quantité d'eau nécessaire. — Il faut au minimum par jour : 10 litres pour un homme, 40 litres pour un cheval, 30 litres pour une bête à cornes, 5 litres pour un porc, 2 litres pour un mouton.

DÉCRET

PORTANT RÈGLEMENT SUR LES SAILLIES SUR LA VOIE PUBLIQUE DE LA VILLE DE PARIS

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre de l'Intérieur,

Vu l'ordonnance royale du 24 décembre 1823, portant règlement sur les saillies, auvents et constructions semblables à permettre dans la Ville de Paris ;

Vu les décrets des 27 octobre 1808 et 28 juillet 1874, concernant le tarif des droits de voirie à percevoir dans la Ville de Paris ;

Vu l'avis émis par le Conseil municipal de la Ville de Paris, dans sa

séance du 9 avril 1881, sur un projet de règlement relatif aux saillies à permettre dans cette ville ;

Vu l'avis du Préfet de police ;

Vu la proposition du sénateur, Préfet de la Seine, en date du 3 mai 1881 ;

Le Conseil d'État entendu,

DÉCRÈTE :

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

ARTICLE PREMIER. — A l'avenir, il ne pourra être établi, sur les murs de face des constructions alignées ou non alignées de la Ville de Paris, aucune saillie sur la voie publique autre que celles autorisées par le présent décret.

ART. 2. — Pour les constructions alignées, les jambes étrières ou boutisses au droit des murs séparatifs devront toujours être sur l'alignement et ne pourront recevoir sur toute la hauteur du rez-de-chaussée, à compter du niveau du trottoir, aucune saillie inhérente au gros œuvre du mur de face.

ART. 3. — Toute saillie sera comptée à partir de l'alignement pour les constructions alignées, et à partir du nu du mur de face pour les constructions non alignées et joignant la voie publique.

ART. 4. — Les saillies dont les dimensions sont variables suivant la largeur des voies seront déterminées d'après la largeur légale de la voie pour les constructions alignées ou en retraite de l'alignement, et d'après la largeur effective pour les constructions en saillie sur l'alignement.

ART. 5. — Les saillies autorisées ne pourront excéder les dimensions fixées aux tableaux annexés au présent décret, et devront satisfaire aux conditions qui y sont déterminées.

Ces dimensions pourront être restreintes pour les constructions en saillie sur l'alignement.

ART. 6. — L'administration pourra autoriser, après avis du Conseil général des bâtiments civils et avec l'approbation du Ministre de l'Intérieur, des saillies exceptionnelles pour les constructions ayant un caractère monumental.

TITRE II

SAILLIES AUTORISÉES A TITRE PROVISOIRE AU-DEVANT DES CONSTRUCTIONS

Barrières provisoires, étais, échafauds.

ART. 7. — La saillie des barrières provisoires, étais, échafauds, engins et appareils servant à monter et à descendre les matériaux sera fixée, dans chaque cas particulier, suivant les localités et les circonstances, de manière à ne pas gêner la circulation.

Les constructeurs devront en outre, se soumettre, sauf en ce qui touche la pose des étais, aux prescriptions du Préfet de police.

Constructions provisoires, échoppes.

Art. 8. — Il pourra être permis de masquer par des constructions provisoires ou des appentis les renfoncements n'ayant pas plus de 8 mètres de longueur et ayant au moins 1 mètre de profondeur.

Ces constructions provisoires ne devront, dans aucun cas, excéder la hauteur du rez-de-chaussée, et elles seront supprimées dès qu'une des constructions attenantes subira retranchement.

Il pourra de même être permis de masquer par des constructions provisoires en forme de pan coupé les angles de toute espèce de renfoncement, mais sous la même condition que ci-dessus, pour leur établissement et leur suppression.

TITRE III

DISPOSITIONS SPÉCIALES ET TRANSITOIRES

Entablements, corniches.

Art. 9. — Les entablements et corniches existant actuellement et dépassant les saillies fixées à l'article 9, ne pourront être réparés, même en partie, et ils devront, dans leurs portions mauvaises, être reconstruits sans excéder la saillie réglementaire.

Marches, perrons, bancs.

Art. 10. — Il est interdit d'établir, de remplacer ou de réparer des marches, bancs, pas, perrons, entrées de caves ou tous ouvrages en saillie sur les alignements et placés sur le sol de la voie publique.

Néanmoins, il pourra être fait exception à cette règle pour ceux de ces ouvrages qui seraient la conséquence de changements apportés au niveau de la voie.

En outre, les marches, pas, perrons et entrées de cave, qui appartiendraient à des immeubles atteints par l'alignement au moment de la promulgation du présent règlement et qui feraient eux-mêmes saillie sur l'alignement pourront être entretenus, et, au besoin, reconstruits tels qu'ils existaient jusqu'à l'époque où seront réédifiés les bâtiments dont ils dépendent.

Bornes.

Art. 11. — Il est interdit d'établir des bornes en saillie sur les murs de face ou de clôture, et celles qui existent actuellement devront être enlevées partout où un trottoir sera construit.

Conduits de fumée.

Art. 12. — Aucun conduit de fumée ne pourra être appliqué sur le

parement extérieur des murs de face ni déboucher sur la voie publique.

Cuvettes.

Art. 13. — Aucune espèce de cuvette pour l'écoulement des eaux ménagères ou industrielles ne pourra être établie en saillie sur la voie publique.

Constructions en encorbellement.

Art. 14. — Aucune construction en encorbellement sur la voie publique ne sera permise.

Art. 15. — Les objets énumérés dans les articles 12, 13 et 14, qui existent actuellement, ne pourront être réparés et devront être supprimés dès qu'ils seront en mauvais état.

Contrevents, persiennes.

Art. 16. — Les contrevents et persiennes existant actuellement au rez-de-chaussée et se développant à l'extérieur pourront être conservés, mais ils ne pourront être remplacés.

Art. 17. — L'ordonnance royale du 24 décembre 1823 est rapportée.

Art. 18. — Le Ministre de l'Intérieur est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 22 juillet 1882.

Jules Grévy.

Par le Président de la République :

Le Ministre de l'Intérieur,

René Goblet.

a. — DIMENSIONS ET CONDITIONS DES SAILLIES

OBJETS INHÉRENTS AU GROS ŒUVRE DES BATIMENTS

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à 2m,60 au-dessus du trottoir.	SAILLIES AUTORISÉES à plus de 2m,60 au-dessus du trottoir.
	§ 1er. — SOCLES ET OBJETS DE DÉCORATION		
1	Socles ou soubassements des maisons et murs.	0,04	»
	Les socles ou soubassements pourront faire ressaut avec la même saillie de 0m,04 au droit des pilastres, colonnes, chaînes, chambranles et pieds-droits.		
	La hauteur des socles et soubassements, mesurée au milieu de la façade, ne devra pas excéder 1m,20 au-dessus du trottoir.		
2	Pilastres, colonnes, chaînes, chambranles, pieds-droits, appui de croisées et barres d'appui.		
	Dans les voies ayant moins de 12 mètres de largeur	0,04	0,06
	Dans les voies de 12 mètres de largeur et au-dessus.	0,10	0,15
	Les bases des pilastres, colonnes, chaînes, chambranles, pieds-droits, etc., ne pourront dépasser les saillies autorisées pour les ressauts du socle ; par conséquent, les saillies totales ne pourront excéder		
	Dans les voies ayant moins de 12 mètres de largeur 0m,08		
	Dans les voies de 12 mètres de largeur et au-dessus. 0m,14		
	La largeur de chaque pilastre, colonne, chaîne en refend ou bossage, chambranle, pied-droit ne devra pas excéder. . . 1m,20		
	Leur largeur cumulée ne pourra excéder le tiers de la largeur totale de la façade et, pour chaque trumeau ou partie pleine, le parement devra être aligné sur un quart au moins de sa largeur totale.		
	L'appareil continu formé par des refends		

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à de $2^m,60$ au-dessus du trottoir.	SAILLIES AUTORISÉES à plus $2^m,60$ au-dessus du trottoir.
	bossages ne devra faire aucune saillie sur l'alignement.		
	Lorsque les pilastres, colonnes, etc., auront une épaisseur plus considérable que les saillies permises, l'excédent sera en arrière de l'aligement de la propriété et le nu du mur de face formera arrière-corps à l'égard de cet alignement. Dans ce cas, la retraite du mur formant arrière-corps ne pourra être établie à moins de $0^m,80$ de hauteur au-dessus du trottoir . . . . . . , ...		
3	Bandeaux, corniches, entablement, attiques, consoles, clefs, chapiteaux et autres objets de décorations analogues,		
	Dans les voies ayant moins de $7^m,80$ de largeur.	0,04	0,25
	Dans les voies de $7^m,80$ à 12 mètres de largeur.	0,04	0,50
	Dans les voies de 12 mètres de largeur et au-dessus.	0,10	0,50
	Les bandeaux, corniches, clefs, chapiteaux et autres objets de décoration analogues ayant plus de $0^m,16$ de saillie ne pourront être qu'en pierre, en bois ou en métal.		
	La saillie des corniches ou entablements en maçonnerie de plâtre ne pourra, en aucun cas excéder $0^m,16$.		
	La saillie des corniches ou entablements en bois, sur pans de bois, ne pourra, en aucun cas, excéder $0^m,25$.		
	La saillie des corniches ou entablements en pierre de taille, en bois ou en métal sur façade en pierre, moellons ou briques, ne pourra excéder l'épaisseur du mur à son sommet, excepté dans les voies de 20 mètres de largeur et au-dessus, et sous les conditions suivantes : 1° le mur n'aura pas à son sommet plus de $0^m,45$ d'épaisseur ; 2° la saillie de l'entablement ne dépassera pas $0^m,65$; les assises en pierre composant l'entablement auront, en arrière du parement extérieur du mur, une longueur au moins égale à leur saillie.		

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES à $2^m,60$ au moins au-dessus du trottoir.	à $4^m,00$ au moins au-dessus du trottoir.	à $5^m,75$ au moins au-dessus du trottoir.
	§ 2. — BALCONS ET ACCESSOIRES			
	Les hauteurs de $2^m,60$ à 4 mètres, $5^m,75$, fixées ci-contre, seront mesurées pour les balcons jusqu'au parement inférieur de l'aire de ces balcons.			
4	Grands balcons. (Aires et garde-corps compris.) Dans les voies de $7^m,80$, à $9^m,75$ de largeur	»	»	0,50
	Grands balcons. (Aires et garde-corps compris.) Dans les voies de $9^m,75$ de largeur et au-dessus. .	»	0,50	0,80
	Les consoles et autres supports des grands balcons de 80 centimètres de saillies pourront avoir cette même saillie, mais seulement dans une hauteur de 80 centimètres en contre-bas du parement inférieur de l'aire.			
5	Petits balcons dans les voies de toute largeur. .	0,22	»	»
	Il pourra être établi, sur les grands et les petits balcons, des constructions légères qui ne dépasseront pas la saillie de ces balcons, à la condition que ces constructions présenteront toutes les garanties désirables de solidité.			
6	Herses, chardons, artichants et autres objets analogues destinés à servir de défense sur les balcons, corniches et entablements.			
	En sus de saillie permise pour lesdits objets.	»	0,25	»
	Les parties de ces objets excédant la saillie de leurs supports ne pourront être qu'en fer forgé, sans partie pleine.			

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à $2^m,60$ au-dessus du trottoir.	de $2^m,60$ à $3^m,00$ au-dessus du trottoir.	à plus de $3^m,00$ au-dessus du trottoir.
7	Seuils ou socles de devanture de boutique. . .	0,20	»	»
	La hauteur des seuils ou socles de devanture, mesurée, en cas de déclivité de la voie, au point le plus haut du trottoir, ne devra pas excéder $0^m,22$. En cas de suppression de la devanture, le seuil ou socle devra être également enlevé. Lorsque, entre deux devantures consécutives dont la distance n'excédera pas 2 mètres, il existera une baie de porte, les seuils			

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES		
		jusqu'à 2m,60 au-dessus du trottoir.	de 2m,60 à 3m,00 au-dessus du trottoir.	à plus de 3m,00 au-dessus du trottoir.
	ou socles de ces devantures pourront être prolongés au-devant de l'intervalle, mais à la condition d'être enlevés dans le cas où l'une de ces devantures serait supprimée.			
8	Devantures de boutiques entre le socle et le tableau, tous ornements compris.	0,16	0,16	0,16
	Les devantures de boutiques ne pourront pas s'élever au-dessus de l'entresol.			
9	Tableaux de devanture sous corniche	0,16	0,16	0,16
10	Ornements pouvant être appliqués sur lesdits tableaux et y compris la saillie des tableaux.	0,16	0,30	0,50
11	Corniches de devanture de boutique en bois ou en métal.	0,16	0,30	0,50
12	Grilles de boutiques	0,16	0,16	0,16
	Les grilles de boutiques ne pourront pas s'élever au-dessus du rez-de-chaussée.			
13	Volets ou contrevents pour fermeture de boutiques	0,16	0,16	0,16
14	Pilastres, colonnes, chambranles, caissons isolés en applique.	0,16	0,16	0,16
	Ces objets ne seront permis qu'au rez-de-chaussée et à l'étage immédiatement au-dessus			
15	Parements de décoration.	0,06	0,06	0,06
	Les parements de décoration ne seront permis qu'au rez-de-chaussée et à l'étage immédiatement au-dessus.			
16	Moulures formant cadres.	0,06	0,06	0,06
17	Enseignes, tableaux-enseignes, attributs, écussons, grands tableaux (frises courantes portant enseignes).	0,16	0,30	0,50
	Les enseignes et les tableaux-enseignes et grands tableaux ne devront, en aucun cas, être suspendus ni appliqués, soit aux balcons, soit aux marquises.			
	Il pourra néanmoins être appliqué sur les gardes-corps des balcons, sans pouvoir en dépasser la hauteur, des attributs et des lettres dont l'épaisseur n'excédera pas 0m,10.			
18	Montres et vitrines.	0,16	0,16	0,16
	Les montres et vitrines ne seront permises que dans la hauteur du rez-de-chaussée et de l'entresol.			
	Pour ceux de ces objets qui seraient appliqués sur une devanture de la boutique, leur saillie, cumulée avec celle de la devanture, pourra dans la hauteur de 2m,60 atteindre 0m,20.			
19	Horloges.	»	»	1,00
	La saillie de 1 mètre n'est accordée qu'aux horloges donnant l'heure; ces horloges ne devront être accompagnées d'aucune espèce d'enseigne.			

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à $2^m,60$ au-dessus du trottoir.	de $2^m,60$ à $3^m,00$ au-dessus du trottoir.	à plus de $3^m,00$ au-dessus du trottoir.
20	Étalages sur les façades	0,16	0,16	0,16
	Aucun étalage ne sera permis au-dessus de l'entresol. Tous étalages de viande, volaille, abats ou autres objets, de nature à salir ou à incommoder les passants, sont formellement interdits.			
21	Baldaquins, marquises et transparents (supports compris)	»	»	0,80
	La hauteur de ces objets, non compris les supports, n'excédera pas 1 mètre. Aucune partie des supports, consoles ou accessoires, ne devra être établie à moins de 3 mètres au-dessus du trottoir. Aucun de ces objets ne pourra être autorisé sur les façades au droit desquelles il n'y a pas de trottoir ; ils ne pourront recevoir de garde-corps ni être utilisés comme balcons. Leur saillie devra, dans tous les cas, être limité à $0^m,50$ en arrière de l'arête de la bordure du trottoir. L'administration pourra autoriser l'établissement de grandes marquises excédant la saillie de $0^m,80$, au-devant des édifices publics, théâtres, salles de réunions, de concert, de bal, ainsi qu'au-devant des établissements particuliers, hôtels, maisons d'habitation. Elle restera libre d'apprécier, dans chaque cas, la saillie qui pourra être permise suivant la largeur des voies et des trottoirs et les besoins de la circulation.			
22	Bannes. Le trottoir ayant moins de 5 mètres de largeur.	»	1,50	1,50
	Bannes. Le trottoir ayant de 5 à 8 mètres de largeur	»	2,00	2,00
	Bannes. Le trottoir ayant 8 mètres de largeur et au-dessus.	»	3,00	3,00
	Les bannes ne seront permises qu'au rez-de-chaussée. Les branches, supports, coulisseaux, en un mot toutes les parties accessoires de bannes ne pourront descendre à moins de $2^m,50$ au-dessus du trottoir ; la saillie des bannes devra être limitée, dans tous les cas, à $0^m,50$ en arrière de la bordure du trottoir. Les bannes ne pourront pas être garnies de joues, à moins d'une permission spéciale qui ne sera accordée qu'autant qu'il n'en résulterait aucun inconvénient pour la circulation ou pour les voisins et qui sera d'ailleurs toujours révocable. Les bannes devront être essentiellement			

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à 2m,60 au-dessus du trottoir.	de 2m,60 à 3m,00 au-dessus du trottoir.	à plus de 3m,00 au-dessus du trottoir.
	mobiles et ne pourront en aucun cas être établies à demeure.			
23	Stores. Développés. à l'étage immédiatement au dessus du rez-de-chaussée . .	»	»	1,50
	Stores. Développés. aux étages supérieurs	»	»	0,80
	Stores. Pavillon des stores.	»	»	0,16
	Les stores ne pourront régner au droit de plusieurs baies que dans le cas où ils seraient posés au-dessus de grands balcons et à la condition de ne pas dépasser la longueur desdits grands balcons.			
	Il pourra être posé des stores au-devant de l'etage d'attique, à la condition que leur saillie ne dépassera pas celle du grand balcon d'entablement et que les appareils sur lesquels ils seront établis ne seront pas construits et fixés de manière à constituer une sorte d'étage dépassant la hauteur légale.			
24	Grilles et croisées. Dans les voies ayant moins de 12 mètres de largeur.	0,04	0,04	0,10
	Grilles et croisées. Dans les voies ayant 12 mètres de largeur et au-dessus	0,10	0,10	0,10
25	Persiennes, volets et contrevents de croisées.	»	»	0,10
	Dans la hauteur de 3 mètres au-dessus du trottoir, les persiennes, volets ou contrevents devront être placés sans saillie dans l'épaisseur des tableaux des baies et ouvrir à l'intérieur. Tout développement à l'extérieur est interdit.			
	Dans la hauteur des étages, tous châssis vitrés, toutes croisées simples ou doubles devront de même ouvrir à l'intérieur; il est interdit de les développer extérieurement, hormis le cas où ils se trouveraient au-dessus d'un grand balcon.			
26	Jalousies.	»	0,16	0,16
27	Abat-jour et réflecteurs.	»	0,50	0,50
28	Lanternes fixes à bras ou consoles	»	»	1,50
29	Lanternes mobiles, transparents en forme d'applique, vitrines lumineuses	»	0,50	0,50
30	Rampes d'illumination.	»	»	0,50
	Les lanternes ou tous autres appareils d'éclairage ou d'illuminations autorisés à n'importe quelle saillie devront toujours être placés à 0m,50 au moins en arrière de l'arête de la bordure du trottoir.			
	Dans les rues de 12 mètres de largeur et au-dessus, les lanternes mobiles, dites réflecteurs, servant à l'éclairage des devantures de boutiques, pourront descendre jusqu'à			

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION DES OBJETS	SAILLIES AUTORISÉES jusqu'à 2m,60 au-dessus du trottoir.	de 2m,60 à 3m,00 au-dessus du trottoir.	à plus de 3m,00 au-dessus du trottoir.
	2m,20 au-dessus du trottoir, mais à la condition qu'elles ne seront posées qu'au moment de leur allumage et retirées au moment de leur extinction.			
31	Tuyaux de descente	0,16	0,16	0,16
32	Cuvettes de dégorgement des eaux pluviales sous l'entablement	»	»	0,35

Vu pour être annexé au décret présidentiel de ce jour.

Paris, le 12 juillet 1882.

Le Ministre de l'Intérieur,

René GOBLET.

b. — CONDITIONS GÉNÉRALES

DES PERMISSIONS DE SAILLIES SUR LA VOIE PUBLIQUE

1. — Les objets indiqués d'autre part seront établis dans le délai d'une année, au plus, à partir de ce jour, et la présente permission devra être renouvelée dans le cas où il n'en aurait pas été fait usage avant l'expiration dudit délai.

Ces objets ne pourront excéder les dimensions fixées par la permission, notamment en ce qui concerne la saillie, qui sera mesurée à partir du nu du mur, au-dessus des assises de retraite.

2. — Les objets autorisés ne devront, dans aucun cas, être posés de manière à nuire au service de l'éclairage public, ou à masquer, soit les inscriptions indicatives des voies publiques ou la place destinée à ces inscriptions, soit les numéros des maisons, soit, enfin, les emplacements affectés à l'affichage des lois et des actes de l'autorité.

3. — Les dégradations faites au trottoir ou au pavé, à l'occasion des ouvrages autorisés, seront réparées, aux frais de l'impétrant, par les entrepreneurs des travaux de la voie publique, sous la surveillance des Ingénieurs du Service municipal. En conséquence, deux jours avant de commencer les travaux, le permissionnaire devra en donner avis à l'Ingénieur de la section et à l'Architecte-Commissaire Voyer de l'arrondissement, et justifier au Commissaire de police du quartier de l'accomplissement de cette formalité.

4. — Aussitôt après leur exécution, les ouvrages autorisés seront vérifiés par le Commissaire Voyer de l'arrondissement.

Il ne pourra être établi, sans une nouvelle permission, aucun autre objet en saillie, aucun dépôt ou étalage sur la voie publique, au delà des maisons et boutiques.

5. — La présente permission accordée sous réserve des droits des tiers, est essentiellement révocable, et ne saurait, par conséquent, constituer aucun droit définitif en faveur du permissionnaire, qui devra, au contraire, supprimer ou modifier les objets autorisés à la première réquisition de l'Administration, et ne pourra prétendre, dans aucun cas, ni à une indemnité ni au remboursement des droits payés.

6. — En exécution de la loi du 13 brumaire an VII (3 novembre 1798) et de la décision du Ministère des Finances, en date du 14 février 1809, l'impétrant supportera les frais du timbre de l'extrait qui lui sera remis.

DÉCRET

PORTANT RÈGLEMENT SUR LA HAUTEUR DES MAISONS, LES COMBLES ET LES LUCARNES, DANS LA VILLE DE PARIS

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du Ministre de l'Intérieur,

Vu le décret du 26 mars 1852, relatif aux rues de Paris ;

Vu les décrets des 27 juillet 1859 et 18 juin 1872, portant règlement sur la hauteur des maisons, les combles et les lucarnes dans la Ville de Paris ;

Vu l'avis émis par le Conseil municipal de la Ville de Paris, dans sa séance du 30 juin 1882 ;

Vu les propositions du Préfet de la Seine, en date des 7 septembre 1882 et 30 novembre 1883 ;

Vu l'avis du Conseil général des bâtiments civils, en date du 24 juillet 1883 ;

Le Conseil d'État entendu :

DÉCRÈTE :

TITRE PREMIER

DE LA HAUTEUR DES BATIMENTS

1re *Section. — De la hauteur des bâtiments bordant les voies publiques.*

ARTICLE PREMIER. — La hauteur des bâtiments bordant les voies publiques dans la Ville de Paris est déterminée par la largeur légale de ces voies publiques pour les bâtiments alignés, et par la largeur effective pour les bâtiments retranchables.

Cette hauteur, mesurée du trottoir ou du revers pavé au pied de la façade du bâtiment, et prise au point le plus élevé du sol, ne peut excéder, y compris les entablements, attiques et toutes les constructions à plomb des murs de face, savoir :

Douze mètres (12^m) pour les voies publiques au-dessous de sept mètres quatre-vingts centimètres ($7^m,80$) de largeur ;

Quinze mètres (15^m) pour les voies publiques de sept mètres quatre-vingts centimètres ($7^m,80$) à neuf mètres soixante-quatorze centimètres ($9^m,74$) de largeur ;

Dix-huit mètres (18^m) pour les voies publiques de neuf mètres soixante-quatorze centimètres ($9^m,74$) à vingt mètres (20^m) de largeur ;

Vingt mètres (20^m) pour les voies publiques (places, carrefours, rues, quais, boulevards, etc., de vingt mètres (20^m) de largeur et au-dessus.

Le mode de mesurage indiqué au paragraphe 2 du présent article ne sera applicable, pour les constructions en bordure des voies en pente, que pour les bâtiments dont la longueur n'excède pas 30 mètres ; au delà de cette longueur, les bâtiments seront abaissés suivant la déclivité du sol.

Si le constructeur établit plusieurs maisons distinctes, la hauteur sera mesurée séparément pour chacune de ces maisons, suivant les règles énoncées ci-dessus.

Art. 2. — Les bâtiments dont les façades seront construites partie à l'alignement, partie en arrière de l'alignement, soit par suite du retrait à n'importe quel niveau d'une partie du mur de face, soit à fruit ou à toute autre manière, devront être renfermés dans le même périmètre que les bâtiments construits entièrement à l'alignement.

Art. 3. — Tout bâtiment situé à l'angle de voies publiques d'inégale largeur peut être élevé sur les voies les plus étroites jusqu'à la hauteur fixée pour la plus large, sans que toutefois la longueur de la partie de la façade, ainsi élevée sur les voies les plus étroites, puisse excéder deux fois et demi la largeur légale de ces voies.

Cette disposition ne peut être invoquée que pour les bâtiments construits à l'alignement déterminé par ces voies publiques.

Si ces voies communiquant entre elles sont placées à des niveaux différents, la cote qui servira à déterminer la hauteur de la construction sera la moyenne des cotes prises au point le plus élevé sur chaque voie, à la condition qu'en aucun point la hauteur réelle de la façade ne dépasse de plus de 2 mètres la hauteur légale.

Art. 4. — Pour les bâtiments autres que ceux dont il est parlé en l'article précédent et qui occupent tout l'espace compris entre des voies d'inégales largeurs ou de niveaux différents, chacune des façades ne peut dépasser la hauteur fixée en raison de la largeur ou du niveau de la voie publique sur laquelle elle est située.

Toutefois, lorsque la plus grande distance entre les deux façades d'un même bâtiment n'excède pas 15 mètres, la façade bordant la voie publique la moins large ou du niveau le plus bas peut être élevée à la hauteur fixée pour la voie la plus large ou du niveau le plus élevé.

2e *Section. — De la hauteur des bâtiments ne bordant pas la voie publique.*

Art. 5. — Les bâtiments dont toute la façade est établie en retrait des voies publiques pourront être élevés, soit à la hauteur de quinze

mètres (15^m), soit à celle de dix-huit mètres (18^m), soit à celle de vingt mètres (20^m), mesurée du pied de la construction, à la condition que le retrait sur l'alignement, ajouté à la largeur de la voie, donnera au moins une largeur de $7^m,80$ dans le premier cas, de $9^m,74$ dans le second cas, et de 20 mètres dans le troisième cas.

Les bâtiments situés en retrait de l'alignement dans les voies publiques de 20 mètres ne pourront pas être élevés à une hauteur supérieure à 20 mètres.

Art. 6. — Les hauteurs des bâtiments établis en bordure des voies privées, des passages, impasses, cités et autres espaces intérieurs, seront déterminées d'après la largeur de ces voies ou espaces, conformément aux règles fixées à l'article premier pour les bâtiments en bordure des voies publiques.

3e *Section. — Du nombre et de la hauteur des étages.*

Art. 7. — Dans les bâtiments, de quelque nature qu'ils soient, il ne pourra, en aucun cas, être toléré plus de sept étages au-dessus du rez-de-chaussée, entresol compris, tant dans la hauteur du mur de face que dans celle du comble, telles que ces hauteurs sont déterminées par les articles 1, 9, 10 et 11.

Art. 8. — Dans les bâtiments, de quelque nature qu'ils soient, la hauteur du rez-de-chaussée ne pourra jamais être inférieure à $2^m,80$, mesurée sous plafond. La hauteur des sous-sols et des autres étages ne devra pas être inférieure à $2^m,60$, mesurés sous plafond. Pour les étages dans les combles, cette hauteur de $2^m,60$ s'applique à la partie la plus élevée du rampant.

TITRE II

DES COMBLES AU-DESSUS DES FAÇADES

Art. 9. — Pour les bâtiments construits en bordure des voies publiques, le profil du comble, tant sur les façades que sur les ailes, ne peut dépasser un arc de cercle dont le rayon sera égal à la moitié de la largeur légale ou effective de la voie publique, ainsi qu'il est dit à l'article premier, sans toutefois que ce rayon puisse être jamais supérieur à huit mètres cinquante centimètres ($8^m,50$). Si la largeur de la voie est inférieure à 10 mètres, le constructeur aura cependant droit à un rayon minimum de 5 mètres. Quelles que soient la forme et la hauteur du comble, toutes les saillies qu'il pourrait présenter devront être renfermées dans l'arc de cercle, considéré comme un gabarit dont on ne devra pas sortir.

Le point de départ de l'arc de cercle sera placé à l'aplomb de l'alignement des murs de face et le centre à la hauteur légale du bâtiment, telle qu'elle est déterminée par l'article premier.

Art. 10. — Les dispositions de l'article 9, sauf en ce qui concerne la détermination du rayon du comble, sont applicables :

1° Aux bâtiments construits en retrait des voies publiques, ainsi qu'il est dit à l'article 5 ;

2° Aux bâtiments situés en bordure des voies privées, des passages, impasses, cités et autres espaces intérieurs.

Dans ces cas, le rayon du comble sera calculé d'après la largeur moyenne de l'espace libre au droit de la façade du bâtiment et égal à la moitié de cette largeur, dans les conditions déterminées par l'article 9.

Toutefois, les cages d'escaliers pratiquées sur les cours pourront sortir du périmètre indiqué ci-dessus, de manière à pouvoir s'élever jusqu'au plafond du dernier étage desservi par lesdits escaliers.

Art. 11. — Pour les constructions situées à l'angle des voies publiques d'inégales largeurs, dont il est parlé à l'article 3, le comble pour bâtiment en façade sur la voie publique la plus large sera déterminé d'après les bases indiquées à l'article 9, et pourra être retourné avec les mêmes dimensions sur toute la partie du bâtiment en façade sur la voie la plus étroite, dans les limites déterminées par l'article 3.

Art. 12. — Les murs de dossier et les tuyaux de cheminée ne pourront percer la ligne rampante du comble qu'à un mètre cinquante centimètres ($1^m,50$), mesurée horizontalement du parement extérieur du mur de face à sa base, ni s'élever à plus de 60 centimètres ($0^m,60$) au dessus de la hauteur légale du sommet du comble.

Art. 13. — La face extérieure des lucarnes et œils-de-bœuf peut être placée à l'aplomb du parement extérieur du mur de face donnant sur la voie publique, mais jamais en saillie.

Le couronnement des lucarnes ou œils-de-bœuf établis soit en premier, soit en second rang, ne pourra faire saillie de plus de cinquante centimètres ($0^m,50$) sur le périmètre légal, mesurés suivant le rayon dudit périmètre.

L'ensemble produit par les largeurs cumulées des faces de lucarnes d'un bâtiment ne pourra pas excéder les deux tiers de la longueur de face de ce bâtiment.

Art. 14. — Les constructeurs qui n'élèvent pas leurs bâtiments à toute la hauteur permise jouiront de la faculté d'établir les autres parties de leurs bâtiments suivant leur convenance, sans pouvoir toutefois sortir du périmètre légal, tel qu'il est déterminé, tant pour les façades que pour les combles, par les dispositions des 1re et 2e sections du titre Ier et du titre II.

Art. 15. — Les dispositions du présent titre sont applicables à tous les bâtiments situés ou non en bordure des voies publiques.

TITRE III

DES COURS ET COURETTES

Art. 16. — Dans les bâtiments, de quelque nature qu'ils soient, dont la hauteur ne dépasserait pas 18 mètres, les cours sur lesquelles prendront jour et air des pièces pouvant servir à l'habitation n'auront pas moins de 30 mètres de surface, avec une largeur moyenne qui ne pourra être inférieure à 5 mètres.

Art. 17. — Dans les bâtiments élevés sur la voie publique à une hauteur supérieure à 18 mètres, mais dont les ailes ne dépasseraient pas cette hauteur, les cours devront avoir une surface minimum de 40 mètres, avec une largeur moyenne qui ne pourra être inférieure à 5 mètres.

Lorsque les ailes de ces bâtiments auront également une hauteur supérieure à 18 mètres, les cours n'auront pas moins de 60 mètres de surface, avec une largeur moyenne qui ne pourra être inférieure à 6 mètres.

Art. 18. — La cour de 40 mètres ne sera pas exigée pour les constructions établies sur des terrains prenant façade sur plusieurs voies et d'une dimension telle qu'il ne puisse y être élevé qu'un corps de bâtiment occupant tout l'espace compris entre ces voies.

Art. 19. — Toute courette qui servira à éclairer et aérer des cuisines devra avoir au moins neuf mètres (9^{m}) de surface, et, la largeur moyenne ne pourra être inférieure à un mètre quatre-vingts centimètres ($1^{m},80$).

Art. 20. — Toute courette sur laquelle seront exclusivement éclairés et aérés des cabinets d'aisances, vestibules et couloirs, devra avoir au moins quatre mètres (4^{m}) de surface avec une largeur qui ne pourra en aucun point être moindre de un mètre soixante ($1^{m},60$).

Art. 21. — Au dernier étage des corps de logis, on pourra tolérer que des pièces servant à l'habitation prennent jour et air sur les courettes, à la condition que lesdites courettes aient une surface de 5 mètres au moins.

Art. 22. — Il est interdit d'établir des combles vitrés dans les cours ou courettes au-dessus des parties sur lesquelles sont aérés et éclairés, soit des pièces pouvant servir à l'habitation, soit des cuisines, soit des cabinets d'aisances, à moins qu'ils ne soient munis d'un châssis ventilateur à faces verticales, dont le vide aura au moins le tiers de la surface de la cour ou courette et quarante centimètres ($0^{m},40$), au minimum, de hauteur, et qu'il ne soit établi à la partie inférieure des orifices, prenant l'air dans les sous-sols ou caves et ayant au moins 8 décimètres carrés de surface.

Le châssis ventilateur ne sera pas exigé pour les cours et courettes sur lesquelles ne seront aérés ni éclairés, soit des pièces pouvant servir à l'habitation, soit des cuisines, soit des cabinets d'aisances; mais les courettes dont la partie inférieure ne sera pas en communication avec l'extérieur devront être ventilées.

Art. 23. — Lorsque plusieurs propriétaires auront pris, par acte notarié, l'engagement envers la Ville de Paris de maintenir à perpétuité leurs cours communes, et que ces cours auront ensemble une fois et demie la surface réglementaire, les propriétaires pourront être autorisés à élever leurs constructions à ladite surface réglementaire.

En cas de réunion de plusieurs cours, la hauteur des clôtures ne pourra excéder cinq mètres (5^{m}).

Art. 24. — Dans aucun cas, les surfaces des courettes ne pourront être réunies pour former soit une courette, soit une cour d'une dimension réglementaire.

Art. 25. — Toutes les mesures des cours et courettes sont prises dans œuvre.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 26. — Les dispositions qui précèdent ne sont pas applicables aux édifices publics.

L'Administration pourra, pour les constructions privées ayant un caractère monumental ou pour des besoins d'art, de science ou d'industrie, autoriser des modifications aux dispositions relatives à la hauteur des bâtiments, après avis du Conseil général des bâtiments civils et avec l'approbation du Ministre de l'Intérieur.

Art. 27. — Les décrets des 27 juillet 1859 et 18 juin 1872 sont rapportés.

Art. 28. — Le Ministre de l'Intérieur est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 23 juillet 1884.

Jules GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre de l'Intérieur,

Waldeck-Rousseau.

a. — CIRCULAIRE

RELATIVE A L'APPLICATION DU NOUVEAU DÉCRET FIXANT LA HAUTEUR DES MAISONS DANS PARIS

En transmettant à M. l'Ingénieur en chef de la division cinquante exemplaires du décret du 23 juillet 1884 sur la hauteur des maisons dans Paris, le soussigné appelle son attention sur les dispositions de ce règlement, qui remplace, en les modifiant sensiblement, les décrets des 27 juillet 1859 et 18 juin 1872.

Les dispositions de ce nouveau règlement paraissent suffisamment claires par elles-mêmes pour n'avoir pas besoin d'explications particulières.

Toutefois, on signalera plus spécialement à M. l'Ingénieur en chef les prescriptions relatives à la hauteur des façades, des ailes et des combles des bâtiments, ainsi qu'à la dimension des cours sur lesquelles prennent jour et air des pièces pouvant servir à l'habitation.

Aux termes du décret du 23 juillet 1884, la hauteur des façades (comprenant la face et la post-face) est déterminée, dans tous les cas, qu'il s'agisse de constructions élevées en bordure de voies publiques ou privées, ou dans des espaces intérieurs, c'est-à-dire dans des cours ou jardins, par la largeur des voies ou espaces situés au droit des façades principales.

Ainsi, la façade des bâtiments construits dans les cours qui pouvait, aux termes du décret du 27 juillet 1859, s'élever jusqu'à 17^{m},55, ne

pourra plus monter qu'à la hauteur correspondant à la largeur de ces cours, soit 12, 15, 18 ou 20 mètres, suivant que les cours auront une largeur de moins de 7m,80 dans le premier cas, de 7m,80, à 9m,74 dans le deuxième cas, de 9m,74 à 20 mètres dans le troisième cas, de 20 mètres et au-dessus dans le dernier cas.

Dans les bâtiments élevés en bordure des voies publiques ou privées, passages, impasses et cités, on doit toujours considérer comme façade principale celle qui est située en bordure des autres espaces intérieurs, c'est-à-dire des cours ou jardins ; on peut considérer comme étant façade principale celle qui est située en bordure de l'espace donnant droit à la plus grande hauteur. C'est ainsi qu'un bâtiment élevé entre deux cours, l'une de 20 mètres de largeur, l'autre de 5 mètres de largeur, pourrait monter à 20 mètres de hauteur et non pas à 12 mètres seulement, étant bien entendu que cette seconde cour de 5 mètres de largeur aurait une dimension de 40 mètres, dans le cas où elle servirait à aérer et à éclairer des pièces pouvant servir à l'habitation.

Quant aux ailes des bâtiments, leur hauteur est déterminée tout à la fois par la hauteur de ces bâtiments ou par la dimension des cours sur lesquelles prennent jour et air des pièces pouvant servir à l'habitation.

C'est ainsi que les cours de cette nature devront avoir une surface minimum : — 1° de 30 mètres avec une largeur moyenne de 5 mètres pour les bâtiments dont la façade et les ailes ne dépasseraient pas 18 mètres ; — 2° de 40 mètres avec une largeur moyenne de 5 mètres pour les bâtiments dont la façade serait supérieure à 18 mètres, mais dont les ailes ne dépasseraient pas cette hauteur ; — 3° de 60 mètres avec une largeur moyenne de 6 mètres pour les bâtiments dont la façade et les ailes dépasseraient la hauteur de 18 mètres.

Ces mêmes cours de 30 à 40 mètres de surface sont également exigées par la post-face des bâtiments qui renfermeraient des pièces pouvant servir à l'habitation. Ces cours devront avoir une dimension de 30 ou de 40 mètres, suivant que la post-face des bâtiments n'atteindra pas 18 mètres ou dépassera cette hauteur.

Enfin, le faîtage du comble n'est plus déterminé par la profondeur du bâtiment ; il est proportionné désormais à la largeur de la voie publique ou de l'espace libre au droit de la construction, et le rayon de l'arc du cercle, qui peut remplacer dans tous les cas la ligne inclinée à 45°, est égal à la moitié de la largeur de la voie publique ou de l'espace libre au droit de la construction, sans pouvoir jamais être supérieur à 8m,50.

M. l'Ingénieur en chef est prié d'inviter MM. les commissaires voyers à se conformer strictement, dans l'examen des affaires de construction, aux dispositions du décret du 23 juillet 1884, dont l'application, tout en donnant certains avantages aux constructeurs, permettra d'assurer, d'une manière plus efficace, la salubrité des habitations.

Le Directeur des Travaux de Paris,

ALPHAND

TABLEAUX DE LA PROPORTION DE CHAUX ET ARGILES DE DIFFÉRENTES NATURES DE CHAUX HYDRAULIQUES

D'après M. Baude, Cours de construction à l'École des Beaux-Arts.

PROPORTION de CHAUX	PROPORTION de ARGILE	DÉSIGNATION des PRODUITS	DURÉE de la PRISE dans L'EAU	OBSERVATIONS
			jours	
100	0	Chaux grasse	»	Soluble dans l'eau.
90	10	Chaux peu hydraulique	20	
82	18	Chaux moyennement hydraulique	15	Continue à durcir après le 15e jour, très lentement après six mois ; se dissout encore dans l'eau pure, mais avec beaucoup de difficulté.
80	20	Chaux bien hydraulique.		
74	26	Chaux hydraulique ordinaire	6 à 8	Dure au bout de six mois comme la pierre tendre.
70	30	Chaux éminemment hydraulique	2 à 4	Dure après un mois : après six mois cassure écailleuse.
65	35	Chaux limites	»	Prise instantanée : ne fusent pas : pour les gâcher il faut les pulvériser comme le plâtre ; s'éteignent très difficilement ; après quelques heures de prise, tombent en poussière : dangereuses à employer.
60	40	Ciments limites inférieurs Plâtres ciments	»	Prise persistante : se lient mieux au sable que les ciments plus maigres.
50	50	Ciments ordinaires	»	
27	73	— limites supérieurs	»	
10	10	Pouzzolanes	»	
00	100	Argile pure	»	

POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE DIFFÉRENTS HOURDIS DE PLANCHERS SUIVANT LEUR ÉPAISSEUR

(Extrait du *Carnet du Serrurier-Constructeur* de Sylvain. Chaix et Cie, éditeurs.)

	Poids moyen.
Hourdis en plâtras et garnis de 0m06 d'épaisseur. . . .	129k00
— — 0,08 —	172k00
— — 0,10 —	215k00
— — 0,12 —	258k00
— — 0,15 —	322k00

Poids moyen.

Hourdis en briques creuses (compris $0^m,03$ de charge de plâtre) de $\frac{22 \times 11}{4}$	épaisseur totale	0,070	77^k00
En briques de $\frac{22 \times 11}{5\ 1/2}$	—	0,085	84 00
— $\frac{22 \times 11}{6\ 1/2}$	—	0,095	85 00
— $\frac{22 \times 14}{8}$	—	0,110	111 00
— $\frac{22 \times 11}{11}$	—	0,140	110 à 122

Hourdis en briques pleines de 0,08 d'épaisseur compris charge de plâtre. 140 00
Hourdis en briques pleines de 0,14 d'épaisseur compris charge de plâtre. 245 00
Hourdis en poteries . . . . 135 à 150

POIDS APPROXIMATIF PAR MÈTRE SUPERFICIEL
DE DIFFÉRENTES MAÇONNERIES SUIVANT LEUR ÉPAISSEUR

DÉSIGNATIONS DES MAÇONNERIES et poids du mètre cube.	ÉPAISSEURS RAVALÉES							
	0.08	0.15	0.25	0.35	0.45	0.50	0.60	0.90
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Moellons (le mètre cube = 2200 kil. environ)	»	»	»	770	990	1100	1320	1980
Briques plates (le mètre cube = 1750 kil. environ).	140	263	438	613	788	»	»	1575
Briques creuses (le mètre cube = 1200 k. environ).	96	180	300	420	540	600	720	1080
Meulière (le mètre cube = 2 300 kil. à 2 500).	»	»	»	»	»	1150 à 1250	1380 à 1500	2070 à 2250
Pierres de taille (tendre. Le mètre cube = 1900 kil. environ.	»	»	»	»	»	950	1140	1710
Dure. Le mètre cube environ 2 300 kil.) .	»	»	»	»	»	1150	1380	2070

Les cloisons de remplissages de 0,08 ravalées pèsent environ 110 kilogr. le mètre carré.
Les carreaux de plâtre pèsent environ 1 400 kilogr. le mètre cube.

FOISONNEMENT DES DÉBLAIS DE DIVERSES NATURES

NATURE DES TERRAINS	UN MÈTRE CUBE AU DÉBLAI	
	sans compression, mesuré 5 jours après la fouille.	comprimé au maximum avec pilon ou avec l'eau.
	mètres cubes.	mètres cubes.
Terre végétale (alluvions, sables, etc.). . .	1,10	1,05
Terre franche très grasse	1,20	1,07
Terre marneuse et argileuse moyennement compacte.	1,50	1,30
Terre marneuse et argileuse très compacte et très dure.	1,70	1,40
Terre crayeuse	1,20	1,10
Tuf dur ou moyennement dur.	1,55	1,30
Roc à la mine réduit en moellons.	1,66	1,40

Le foisonnement, c'est-à-dire l'augmentation de volume de la chaux à l'extinction, varie pour chaque nature de chaux et suivant le mode d'extinction.

En général, 100 kilogrammes de chaux grasse très pure et très vive donnent $0^{m3},24$ de pâte ; mais quand la cuisson date de plusieurs jours et que la chaux n'est pas très pure, ce chiffre descend à $0^{m3},18$.

Les foisonnements varient entre ces deux limites.

Les chaux communes très grasses, éteintes en bouillie épaisse par fusion, donnent en un volume (pour 1) jusqu'à 2 et quelquefois plus. Les chaux maigres et communes donnent 1,30 et même seulement 1,20.

Les chaux hydrauliques donnent un foisonnement très variable ; le tableau ci-après donne des résultats fournis par mètre cube de chaux vive mesurée à pied d'œuvre.

Pour la chaux éteinte en poudre, il s'opère par le gâchage une contraction qui peut varier de $0^{m3},62$ à $0^{m3},80$ de pâte pour un mètre cube de poudre.

Un mètre cube de ciment en poudre à la densité de 0,96 converti en mortier, sans mélange de sable, perd 17 p. 100 de son volume et donne seulement 0,83 de mortier.

FOISONNEMENT ET RETRAIT DE QUELQUES CHAUX HYDRAULIQUES

(D'après MM. Claudel et Laroque.)

DÉSIGNATION DE LA CHAUX	MODE D'EXTINCTION d'un mètre cube.	VOLUME après la fusion.
Chaux hydraulique de Bourgogne . . .	fusion.	1,55 de pâte.
— — —	immersion.	1,85 de poudre.
Chaux naturelle des buttes Chaumont.	fusion.	1,50 de pâte.
— — —	immersion.	1,78 de poudre.
Chaux artificielle —	fusion.	1,59 de pâte.
— — —	immersion.	1,75 de poudre.
Chaux hydraulique d'Issy	fusion.	1,62 de pâte.
— naturelle des Moulineaux	—	1,47 —
— moyennement hydraulique de la Hève	—	1,75 —
Chaux moyennement hydraulique de la Hève	immersion.	2,00 de poudre.
Chaux hydraulique du Theil (Ardèche).	—	1.24 —

TUYAUX EN GRÈS VERNISSÉ POUR CANALISATIONS

De J. Godin et Delaherpe		De Doulton et Cie	
Diamètre intérieur des tuyaux.	Poids approximatif du mètre.	Diamètre intérieur des tuyaux.	Poids approximatif du mètre.
0, 05	4, 000	0, 05	4, 000
0, 10	12, 000	0. 075	10, 000
0, 15	24, 000	0. 10	12, 000
0, 17	34, 000	0, 125	18, 000
0, 225	40, 000	0, 152	24, 000
0. 25	50, 009	0, 19	34, 000
0, 30	56, 000	0, 228	40, 000
0, 35	75, 000	0, 254	48, 000
0, 40	90, 000	0, 305	56, 000
0, 45	120, 000	0, 38	86, 000
0, 50	205, 000	0, 457	120, 000
0, 55	210, 000	0, 53	200, 000
0, 60	225, 002	0, 61	225, 000
		0, 76	400, 000

EXTRACTION DE L'EAU

Un homme peut élever journellement à un mètre de hauteur. les quantités d'eau suivantes :

Avec un seau	47^{m3}	Avec une vis d'Archimède.	92^{m3}
— chapelet.	70	— une noria	120
— pompe	86	— un tympan.	184

DIMENSIONS, DÉBIT ET POIDS DES COMPTEURS A EAU

NUMÉROS du CALIBRE	DIAMÈTRE des ORIFICES	DIMENSIONS Longueur	Largeur	Hauteur	POIDS	Débit maximum à l'heure sous pression de 30 mètres.
	mm.	mm.	mm.	mm.	kil.	litres.
			Système Bariquand et Marre			
1	8	197	120	249	11	1,500
2	10	220	145	293	16	2,500
3	15	260	163	360	27	4,000
4	20	314	200	412	42	6,000
5	30	390	276	472	77	15,000
6	40	450	330	535	125	25,000
7	60	590	430	595	226	40,000
8	80	840	650	800	500	70,000
9	100	1,000	725	950	1,100	100,000
			Système Frager-Michel			
1	8	175	115	250	12	»
2	10	260	170	350	30	»
3	15	290	190	430	45	»
4	20	350	230	510	65	»
5	30	430	280	660	140	»
6	40	520	340	780	225	»
7	60	700	400	930	450	»
8	80	760	470	1,200	850	»
9	100	1,000	600	1,500	1,300	»
10	150	1,260	750	1,920	2,250	»
			Système Frost-Tavenet			
1	7	»	180	220	12	2,000
2	10	»	210	330	21	2,400
3	15	»	270	440	38	4,000
4	20	»	320	540	66	6,000
5	30	»	350	620	109	13,000
6	40	»	550	750	160	20,000
7	60	»	650	900	280	38,000
8	80	»	850	1,150	560	60,000

DIAMÈTRE	DIMENSIONS		
	Hauteur	Longueur	Largeur
	Système Kennedy		
7 millimètres	$0^{m}40$	300 m/m	270 m/m
10 —	0,53	320	310
15 —	0,73	360	350
20 —	0,87	360	380
30 —	1,10	460	460
40 —	1,27	600	500
60 —	1,37	610	665
80 —	1,70	840	760
100 —	1,98	840	830

D'après d'Aubuisson, on a le tableau suivant, obtenu par le moyen d'expériences faites sur une vis d'Archimède de $0^{m},487$ de diamètre, de $8^{m},40$ de longueur, un angle d'enroulement de l'hélice par rapport à l'axe de 62°, et une vitesse de rotation de 60 tours par minute, pour :

30°	d'inclinaison d'axe et	3,77	de hauteur d'élévation	$129^{m3}600$	par heure
35°	—	4,46	—	$102^{m3}800$	—
40°	—	5,14	—	$67^{m3}900$	—
45°	—	5,83	—	$37^{m3}000$	—
50°	—	6,17	—	$14^{m3}400$	—
55°	—	6,51	—	$5^{m3}100$	—

D'après Bélidor, l'écope hollandaise permet d'élever 120 mètres cubes d'eau à 1 mètre de hauteur en 8 heures de travail. Cette machine ne convient que pour une hauteur de 1 mètre à $1^{m},50$ au plus.

Avec le chapelet incliné (30 à 40°), un homme exerçant sur la manivelle un effort de 8 kilogrammes, obtenant une vitesse de $0^{m},75$ par seconde peut élever en huit heures de 80 à 90 mètres cubes d'eau à 1 mètre de hauteur.

D'après Navier, une noria mue par un cheval peut élever, en une journée, 115 à 130 mètres cubes d'eau à 1 mètre de hauteur.

Pour les hauteurs h au-dessus de 4 mètres, on calcule le rendement par la formule suivante :

$$E = 0{,}80 \frac{h}{h + 0{,}75}$$

Pénétration de l'air au travers de différents matériaux.

D'après Maker, il passe en une heure à travers un mètre carré de maçonnerie.

1m,69 d'air pour le grès.
2 ,22 — pour le calcaire.
2 ,83 — pour la brique.
3 ,64 — pour le tuffeau.
5 ,12 — pour le pisé.

TEMPÉRATURE DE FUSION DE DIVERSES SUBSTANCES
(En degrés centigrades.)

SUBSTANCES	DEGRÉS	SUBSTANCES	DEGRÉS
Platine	2 500	Alliage, 2 d'étain, 1 bismuth.	167,7
Fer martelé anglais	1 600	— 1 — 1 —	141,2
— doux français	1 500	— 1 de plomb, 4 d'étain, 5 de bismuth	118,9
Aciers, les moins fusibles.	1 400	Soufre	109
Fonte manganésée	1 250	Iode	107
— grise, 2e fusion	1 200	2 de plomb, 3 d'étain, 5 de bismuth	100
— très fusible	1 100	5 de plomb, 3 d'étain, 8 de bismuth	100
— blanche, peu fusible.	1 100	4 de bismuth, 1 de plomb, 1 d'étain	94
— blanche, très fusible.	1 050	Sodium	90
Or très pur	1 250	Potassium	58
— au titre des monnaies	1 180	Phosphore	43
Argent très pur	1 000	Acide stéarique	70
Litharge	954	Cire blanche	68
Bronze	900	— non blanche	61
Antimoine	432	Acide margarique	55 à 60
Verre	400	Stéarine	43 à 49
Zinc	360	Spermaceti	49
Plomb	334	Acide acétique	45
Chlorate de potasse	300	Suif	33,33
Bismuth	256	Chlorure de calcium hydraté	29
Étain	230	Glace	0,0
Alliage, 5 d'étain, 1 de plomb.	194	Huile de térébenthine	10
— 4 — 1 —	189	Mercure	39
— 3 — 1 —	186		
— 2 — 1 —	196		
— 1 — 1 —	241		
— 1 — 3 —	289		
— 3 — 1 bismuth.	200		

TEMPÉRATURES CORRESPONDANT AUX DIFFÉRENTES NUANCES LUMINEUSES DES CORPS

NUANCES	DEGRÉS	NUANCES	DEGRÉS
Rouge naissant	525	Orange foncé	1 200
— sombre	700	Blanc	1 300
Cerise naissant	800 à 900	— suant	1 400
— clair	1 000	— éblouissant	1 500
Orange foncé	1 100		

POUVOIR CONDUCTEUR DE CHALEUR DE QUELQUES MÉTAUX

Argent	1 000	Zinc	281	Plomb	85
Cuivre	736	Étain	145	Platine	84
Or	532	Fer	119	Bismuth	18

DILATATION LINÉAIRE DE DIFFÉRENTES SUBSTANCES DANS L'INTERVALLE DE 0° A 100°

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES	DILATATION	
	En décimales	En fractions ordinaires
Acier non trempé	0,0010791	1/927
Argent de coupelle	0,0019097	1/523
Bismuth (suivant Smeaton)	0,0013917	1/719
Cuivre	0,0017173	1/582
— jaune ou laiton	0,0018782	1/533
— jaune en fil	0,0019333	1/517
Étain de Falmouth	0,0021730	1/462
Fer doux forgé	0,0012205	1/819
— rond passé à la filière	0,0012350	1/812
— fondu (prisme de)	0,0011100	1/900
Flint-glass anglais	0,0008117	1/1248
Or de départ	0,0014661	1/682
— au titre de Paris	0,0015515	1/645
Palladium (suivant Wollaston)	0,0010000	1/1167
Platine	0,0008565	1/1000
Plomb	0,0028484	1/356
Verre de Saint-Gobain	0,0008909	1/1122
Zinc (suivant Smeaton)	0,0029417	1/340
— allongé au marteau de 1/12	0,0031082	1/322
Le mercure se dilate *en volume*, depuis la température de 0° jusqu'à 100°	0,018018	1/55
Eau	0,0433	1/23
Alcool	0,1100	1/9
Tous les gaz, suivant Gay-Lussac	0,375	100/267
Tous les gaz, suivant Rudberg	0,3646	100/275
Tous les gaz, suivant Regnault	0,366	100/273

DENSITÉS

PESANTEUR SPÉCIFIQUE DE DIVERSES SUBSTANCES

SUBSTANCES	LE MÈTRE CUBE
Origine minérale.	Kilogrammes.
Terre végétale	1 214 à 1 285
— forte graveleuse	1 357 à 1 428
— ou sable de bruyère	614 à 643
Terreau	828 à 857
Tourbe sèche	514
— humide	785
Vase	1 642
Argile et glaise	1 656 à 1 756
Marne	1 571 à 1 642
Sable fin et sec	1 399 à 1 428
— humide	1 900
— fossile argileux	1 713 à 1 799
— de rivière humide	1 771 à 1 856
Gravier cailloutis	1 371 à 1 485
Grosse terre mêlée de sable et de gravier	1 860
Terre mêlée de petites pierres	1 910
Argile mêlée de tuf	1 990
Terre grasse mélangée de cailloux	2 290
Ecalins de roches	1 571 à 1 713
Ciment de terre cuite	1 171 à 1 228
Mâchefer, scorie de forges	771 à 985
Laitier vitreux	1 428 à 1 485
Pouzzolane d'Italie	1 157 à 1 228
— du Vivarais	1 085 à 1 128
Trass de Hollande ou trass d'Audernach	1 071 à 1 085
Pierre ponce	557 à 928
Chaux vive sortant du four	800 à 857
— éteinte, en pâte ferme	1 328 à 1 428
Mortier de chaux et de sable	1 856 à 2 142
— — et de ciment	1 656 à 1 713
— — et de mâchefer	1 128 à 1 214
— — et de laitier	1 856 à 1 942
Béton de cailloux	2 500 à 2 600
Brique	1 000 à 1 471
— de Bourgogne (le mille)	1 550
— de Sarcelles (le mille)	1 440
Craie	1 214 à 1 285
Pierre à bâtir tendre	1 142 à 1 713
— franche demi-roche	1 713 à 1 999
— liais doux et roche	2 142 à 2 284
— roches dures, liais	2 284 à 2 427
— très compacte, cliquart	2 499 à 2 713
Albâtres, marbres, brèches, etc.	2 199 à 2 870
(Voir les densités de toutes les pierres au chapitre *Matériaux*.)	

SUBSTANCES	LE MÈTRE CUBE
	Kilogrammes.
Chaux sulfatée, calcarifère, gypse	1 899 à 2 299
Plâtre cuit battu	1 199 à 1 228
— au panier	1 200 à 1 270
— tamisé	1 242 à 1 257
— gâché humide	1 571 à 1 599
— — sec	1 399 à 1 414
Maçonnerie fraîche en moellons	2 240
— — en briques	1 870
Baryte	4 284 à 4 626
Quartz, pierre meulière poreuse	1 242 à 1 285
— — compacte caillasse	2 485 à 2 613
— hyalin	2 642 à 2 656
— arénacé ou grès à bâtir	1 928 à 2 070
— — de paveur	2 427 à 2 613
— résinite, pechstein ou pierre de poix	2 042 à 2 656
— ou silex pyromatique pouding	2 570 à 2 927
Jaspe	2 356 à 2 813
Feldspath, pétrosile	2 570 à 2 742
Trapp, cornéenne, pierre de touche	2 699 à 2 742
Porphyre, ophite, serpentine, variolite	2 756 à 2 927
Talc, stéatite, chlorite	2 613 à 2 784
Serpentine	2 770 à 2 856
Pierre ollaire	2 742 à 2 856
Granit, siénite, gneiss	2 356 à 2 956
Granitelle	2 799 à 3 056
Mica	2 570 à 2 927
Amiante	1 556 à 1 785
Ardoise	2 414 à 2 600
Schiste grossier	1 813 à 2 784
— tégulaire, ardoise	2 742 à 2 856
Trématode, pierre de Volvic	1 928 à 2 642
Laves, lithoïdes, basaltes	2 756 à 3 056
Lave du Vésuve	1 713 à 2 813
Tufs volcaniques	1 214 à 1 385
Scories volcaniques	785 à 885
Anthracite	1 343 à 1 402
Houille, charbon de terre	942 à 1 328
Coke	350 à 400
Charbon de bois fait en tas { peuplier	250
Charbon de bois fait en tas { noyer	625
— fait en vase clos	150
— en poudre	1 500
Caoutchouc	933 à 989
Camphre	996
Cire blanche	969
— jaune	975
— lard	948
Cristal de roche pur	2 653
— de Saint-Gobain	2 488
Diamants les plus légers	3 501
— les plus lourds	3 531
Verre à bouteille	2 733
— blanc	3 200
Flint-glass (verre anglais)	3 330
Verre à vitres	2 527

SUBSTANCES	LE MÈTRE CUBE
	Kilogrammes
Verre à glaces	2 463
— commun	3 455
— de Saint-Gobain	2 380
Soufre	1 800 à 2 033
Phosphore	1 770
Ivoire	1 917
Liquides.	
Eau de pluie ou distillée	1 000
— de puits	1 000 à 1 014
— de mer	1 028 à 1 042
— de la mer Morte	1 240
Acide sulfurique	1 841
— nitreux	1 550
— nitrique	1 217
Lait	1 030
Vin de Bordeaux	994
— de Bourgogne	991
Huile d'olive	915
— de lin	936 à 940
— d'œillette	934
Essence de térébenthine	870
Éther muriatique	874
— sulfurique	715
Glace	865 à 930
Mercure	13 596 à 13 598
Asphalte	1 063
Bitume liquide dit *naphte*	847
Alcool absolu	792
— du commerce	840
Bois.	
Voir au chapitre des *Matériaux* la densité des diverses essences.	
Métaux.	
Acier écroui non trempé	7 840
— — et trempé	7 813
— non écroui, ni trempé	7 833
— trempé non écroui	7 816
Argent fondu 931/1000	10 475
— forgé	10 376
— au titre de la monnaie	10 421
— fondu	10 047
— — et monnayé	10 407
— pur fondu	10 474
— — forgé	10 510
Bronze	8 626
Cuivre rouge	8 788 à 8 890

SUBSTANCES	LE MÈTRE CUBE
	Kilogrammes
Cuivre fondu	8 850
— en fil	8 879
— jaune fondu	8 395
— — en fil	8 544
Étain pur de Cornwall fondu	7 287
— neuf, fondu, écroui	7 307
— fin, fondu, écroui	7 515
— commun, fondu	7 915
— dit claire étoffe fondu	8 439
Fer fondu	7 207
— forgé	7 788
Or à 833/000 fondu	15 709
— à 833/000 forgé	15 775
— à 917/000 fondu	17 486
— à 917/000 forgé	17 589
— au titre de la monnaie fondu	17 402
— au titre de la monnaie, monnayé	17 647
— pur fondu	19 258
— — forgé	19 500
Nickel	8 279
Platine écroui	23 000
— en fil	21 000
— forgé	20 337
— laminé	22 670
Plomb	11 346 à 11 352
Soudure des plombiers	9 550
Zinc fondu	6 861
— laminé	7 200
Corps gazeux	
(à 0° et sous la pression, 0m760, celle de l'air étant 1).	
Air	1 000
Hydrogène arsénié	2 695
Chlore	2 440
Acide sulfureux	2 234
Hydrogène phosphoré	1 761
Gaz acide carbonique	1 525
— oxygène	1 103
— azote	0 976
— ammoniacal	0 597
— hydrogène	0 069
— oxyde de carbone	0 957
Vapeur d'eau	0 624
— d'alcool absolu	1 613
— d'iode	8 716
— de mercure	6 976
— d'essence de térébenthine	5 013
— d'éther sulfurique	2 586

TABLEAU DES TEMPÉRATURES MOYENNES DE L'ANNÉE, DE L'HIVER ET DE L'ÉTÉ, SUR DIFFÉRENTS POINTS DU GLOBE

LIEUX	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE rapportée au NIVEAU DE LA MER	MOYENNE de L'ANNÉE	MOYENNE de L'HIVER	MOYENNE de L'ÉTÉ
Aberdeen	57° 8′ N	4° 26′ O	16m	+ 8° 7	+ 3° 4′	+ 14° 6′
Abo	60 27 N	19 57 E	»	+ 4 6	— 5 8	+ 16 1
Alger	36 47 N	0 44 E	»	+ 21 6	+ 16 5	+ 26 7
Augsbourg	48 21 N	8 34 E	475	+ 8 1	— 1 1	+ 16 8
Bâle	47 34 N	5 15 E	275	+ 9 1	— 0 2	+ 17 6
Bénarès	25 18 N	80 35 E	»	+ 25 5	+ 17 0	+ 30 4
Bergen	60 24 N	2 58 E	»	+ 8 2	+ 2 2	+ 14 8
Berlin	52 33 N	11 4 E	32	+ 8 1	— 1 0	+ 17 2
Boston	42 21 N	73 24 O	»	+ 9 6	— 1 4	+ 21 0
Bude	47 30 N	16 43 E	156	+ 10 5	— 0 4	+ 21 2
Buenos-Ayres	34 36 S	60 44 O	»	+ 17 0	» »	» »
Calcutta	22 33 N	86 0 E	»	+ 26 4	+ 19 5	+ 28 5
Candy (Ceylan)	7 17 N	78 29 E	510	+ 22 8	+ 22 1	+ 22 9
Canton	23 8 N	110 56 E	»	+ 23 1	+ 17 2	+ 28 2
Cap de Bonne-Espérance	33 56 S	16 8 O	»	+ 19 2	+ 14 8	+ 23 5
Cap Nord (Mageroe)	71 10 N	23 41 E	»	+ 0 1	— 4 6	+ 6 4
Christiania	59 54 N	8 24 E	»	+ 5 3	— 3 7	+ 15 8
Copenhague	55 41 N	10 14 E	»	+ 7 7	— 0 9	+ 17 2
Colombo (Ceylan)	6 57 N	77 49 E	»	+ 27 2	+ 26 4	+ 27 4
Couvent du Saint-Bernard	45 15 N	4 43 E	2 485	— 1 1	— 8 0	+ 5 9
Dresde	51 4 N	11 24 E	116	+ 8 3	— 1 2	+ 17 2
Dublin	53 23 N	8 42 O	»	+ 9 6	+ 4 0	+ 15 3
Edimbourg	55 57 N	5 30 O	»	+ 8 4	+ 3 5	+ 14 1
Felsen-Bay (Nouvelle-Zemble)	70 37 N	59 27 E	»	— 9 4	— 16 0	+ 2 0
Fort-Brady	46 39 N	24 37 O	180	+ 4 9	— 7 0	+ 17 3
Fort-Reliance	62 46 N	111 30 O	»	— 10 2	— 29 1	+ 5 0
Fort-Sullivan	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Fort-Vancouver	[illegible]	[illegible]	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Francfort-sur-le-Mein	50 6 N	6 21 E	74	+ 9 8	+ 1 4	+ 18 3
Genève	46 12 N	3 48 E	404	+ 9 7	+ 0 9	+ 18 4
Gœttingue	51 32 N	7 36 E	134	+ 9 1	+ 0 6	+ 17 6
Hambourg	53 33 N	7 38 E	»	+ 8 9	+ 0 4	+ 19 0
Hawaï (Sandwich)	19 30 S	153 10 E	»	+ 24 0	+ 21 7	+ 25 7
Hobart-Town	42 53 N	145 4 E	»	+ 11 3	+ 5 6	+ 17 2
Irkoust	52 17 N	101 55 E	440	— 0 2	— 17 9	+ 16 0
Karasuando (Laponie)	68 26 N	18 57 E	430	— 2 9	— 17 6	+ 12 8
Kasan	55 47 N	46 46 E	60	+ 2 2	— 13 7	+ 17 3
Kœnigsberg	54 43 N	18 10 E	»	+ 6 5	— 3 3	+ 15 9
La Havane	23 9 N	84 43 O	»	+ 25 5	+ 22 0	+ 28 5
La Rochelle	46 9 N	3 29 O	»	+ 11 7	+ 4 8	+ 19 2
Le Caire	30 2 N	28 55 E	»	+ 22 2	+ 14 5	+ 29 5
Lisbonne	38 42 N	11 29 O	70	+ 16 3	+ 11 4	+ 21 6
Londres	51 31 N	2 26 O	52	+ 9 8	+ 3 2	+ 16 7
Madère	32 38 N	19 15 O	»	+ 19 8	+ 17 5	+ 22 0
Madras	13 4 N	77 57 E	»	+ 27 6	+ 25 0	+ 30 1
Marseille	43 18 N	3 2 E	»	+ 14 6	+ 7 3	+ 22 7
Moscou	55 45 N	35 17 E	120	+ 3 8	— 10 2	+ 17 5
Nain (Labrador)	57 0 N	64 10 O	»	— 3 6	— 18 5	+ 7 6
Palerme	38 7 N	11 1 E	»	+ 16 8	+ 11 3	+ 22 0
Paris	48 50 N	0 0	65	+ 10 8	+ 3 6	+ 18 0
Pétersbourg (Saint-)	59 56 N	27 58 E	»	+ 2 8	— 8 7	+ 16 0
Port-Louis (île Maurice)	20 10 S	55 8 E	»	+ 25 7	+ 23 0	+ 28 5
Quito	0 14 S	81 5 O	2 908	+ 15 6	+ 15 6	+ 15 6
Rio-Janeiro	22 54 S	45 36 O	»	+ 23 4	+ 20 7	+ 26 1
Rome	41 54 N	10 6 E	»	+ 15 5	+ 8 3	+ 22 8
Sainte-Croix-de-Ténériffe	28 28 N	18 35 O	»	+ 21 7	+ 18 1	+ 24 8
Sébastopol	44 37 N	31 11 E	»	+ 11 7	+ 1 6	+ 22 4
Stockholm	59 20 N	13 43 E	48	+ 5 6	— 3 7	+ 16 3
Strasbourg	48 35 N	5 25 E	148	+ 9 9	+ 1 3	+ 18 1
Tobolsk	58 12 N	65 46 E	100	— 2 4	» »	» »
Trieste	45 39 N	11 26 E	»	+ 14 6	+ 5 7	+ 23 6
Tunis	36 48 N	7 51 E	»	+ 20 1	+ 12 6	+ 28 3
Utica (New-York)	43 6 N	77 32 O	148	+ 8 6	— 2 9	+ 20 1
Vera-Cruz	19 12 N	98 29 O	»	+ 25 0	+ 21 6	+ 27 7
Vienne	48 12 N	14 3 E	145	+ 10 4	+ 0 2	+ 20 4
Zurich	47 23 N	6 42 E	138	+ 8 9	— 0 9	+ 17 9

POIDS DES TUYAUX EN FONTE POUR CANALISATION D'EAUX VANNES ET MÉNAGÈRES

DÉSIGNATION DES PIÈCES	DIAMÈTRE DES TUYAUX										
	0,081	0.094	0,108	0,135	0.162	0,189	0,216	0,243	0,27	0,30	0,32
	Poids approximatifs.										
Tuyaux de 1,00.	$12^{k}00$	$14^{k}30$	$15^{k}00$	$18^{k}00$	$21^{k}00$	$26^{k}25$	$30^{k}40$	$35^{k}20$	$40^{k}00$	$50^{k}00$	$56^{k}00$
— de 0,65.	7,20	10,25	11.00	12,25	15,00	18.00	21,00	24,25	33.00	36.00	41,00
Raccords : bout de 0,50	6.50	8,00	9,00	10.65	12.20	16,70	18,00	22,00	»	28,00	»
— — de 0,33	4.60	5,50	6.10	8.15	9,60	11,50	14.10	16.50	21,50	25,00	26.50
— — de 0,25	4.10	5,00	5,60	6,25	7.60	9.60	11,50	13,10	»	21.50	»
— — de 0,17	2.60	3,15	3.60	4.65	5.50	6.15	8,50	10,00	13,00	15,00	15,75
Embranchements simples.	10.00	12,50	13.50	16,00	18.00	24.00	32.00	38,00	»	50,00	»
— doubles.	12.00	15,50	16.50	19,00	24.00	30.00	36,00	44.00	»	60,00	»
Coudes.	2.75	3,65	4.10	5,10	7.20	10.25	12.25	13.10	20,00	23.00	25.00
Culottes simples	10,50	13,50	14.25	17,00	18.80	27,00	33,00	40.00	48.00	55,00	60.00
— doubles	12,50	16,50	17,50	21,25	25.00	32.00	38.00	44.00	53,00	62,00	70.00
Dauphins : de 1,00	12.50	15.00	17,50	24.00	26.00	»	»	»	»	»	»
— de 0,50	9.00	10.00	11.00	14,00	16.00	»	»	»	»	»	»
T de 0,40	»	»	»	12.00	15.00	»	22,00	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PIÈCES	TUYAUX OVALES													
	0,11 sur 0,16		0,13 sur 0,24		0.16 sur 0.27		0.16 sur 0,32		0,19 sur 0 30		0,20 sur 0,35		0,23 sur 0,38	
	Long^{r}	Poids	Longr	Poids	Long^{r}	Poids	Long^{r}	Poids	Long^{r}	Poids	Long^{r}	Poids	Long^{r}	Poids
Tuyau	$0^{m}94$	$24^{k}000$	$0^{m}65$	$27^{k}000$	$0^{m}65$	$26^{k}500$	$0^{m}65$	$39^{k}000$	$0^{m}65$	$35^{k}000$	$0^{m}65$	$41^{k}000$	$0^{m}65$	$42^{k}500$
Demi-tuyau.	0,65	15,000	0,33	14,500	0,33	16.000	0.33	18,000	0.32	19.500	0,33	18.000	0.33	20.000
Quart de tuyau	0,33	9.000	0.17	8.000	0,17	9,000	0.17	10,000	»	»	0.17	12.000	»	»
Huitième de tuyau	0,17	6.000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Coudes à plat.	0.20	8,000	0.22	9,500	0.23	14.000	0,25	17.000	0.19	17.500	0.27	20.000	0.27	23.000
— sur champ.	0,20	8.000	0,20	10.000	0.20	14.500	0.22	17,500	0.19	18.000	0.22	22.000	0.22	26.000

DÉSIGNATION des PIÈCES	LONGUEURS	CANIVEAUX AVEC PLAQUES — POIDS APPROXIMATIFS — 0.081		0,103		0.122		0,135		0.162		0,189		0,216	
		caniveaux	plaques	caniveaux	plaques	caniveaux	plaques	caniveaux	plaques	caniveaux	plaques	caniveaux	plaques	caniveaux	plaques
Caniveaux	1,00	8.500	6.500	10,000	9,000	13,000	10,000	14.500	10.500	17,000	12.500	20,500	14,000	26,000	16,000
Demi-caniveaux. . .	0,50	4,500	3,250	5,500	4,500	7,500	4,000	8,500	5.500	9,500	6.900	11.650	7,500	14,000	8,000
Quarts de caniveaux.	0,25	2,500	1,500	3,000	2,000	4,500	2,000	4.500	2,250	5,500	3,000	7,200	3,500	8,000	4,000
Manchons à T . . .	0,50	7,000	»	8,000	»	9,000	»	11.000	»	10.500	»	14,500	»	16,000	»
Sabots	0.45	6,500	2.500	7,000	3,000	7,500	3,500	8.500	4.000	9,000	4,000	»	»	11,000	6,000
Coudes d'équerre . .	0.25	3,000	1,750	3,250	2,000	3.750	»	4.500	3.000	6.500	4,000	»	»	9,000	5,000
— au 1/8. . . .	»	1,800	0.750	2,000	0,900	3,000	»	3,000	1,000	4,000	1,500	6,850	»	5,500	2,000

POIDS DES PLAQUES CANNELÉES OU GAUFRÉES

Largeurs	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0.18	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25
Poids d'un mètre de longueur. .	6.750	7.250	7,750	8,250	8,750	9.250	9,750	10,250	10,750	11,250	13,250	15,250	15,750

POIDS DES PLAQUES A DAMIER

Largeurs	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Poids d'un mètre de longueur. .	7,750	12,500	17,500	20,750	24,000	27,500	32,000	37,000

TABLEAU DU POIDS DES TUYAUX DE CONDUITE EN FONTE POUR CONDUITES D'EAU

(Usine de Commentry-Fourchambault.)

UNIS

DIAMÈTRES DES TUYAUX en millim.	ÉPAISSEURS DES TUYAUX en millim.	LONGUEUR des TUYAUX	POIDS APPROXIMATIFS		
			D'UN TUYAU	D'UNE BAGUE	DU MÈTRE bague comprise
		mètres	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes
40	7	2,000	15	1,5	8
50	8	2,100	22	1,6	11,4
60	8	2,100	26	3,2	14
70	8,5	2,100	33	3,5	17,5
80	9,5	3,100	60	3	20,7
100	10	3,100	69	4,2	24
110	10	3,100	85	5,5	29,2
135	10	3,100	112,5	6,5	38,6
150	10,5	3,100	124	7	42,1
165	10,5	3,100	130	8	44,5
200	11	3,100	147,5	10,7	51,2

A EMBOITEMENT ET CORDON

DIAMÈTRES DES TUYAUX en millim.	ÉPAISSEURS DES TUYAUX en millim.	LONGUEUR DES TUYAUX		POIDS APPROXIMATIFS	
		LONGUEUR TOTALE	LONGUEUR UTILE	D'UN TUYAU	DU MÈTRE UTILE
		mètres	mètres	kilogrammes	kilogrammes
30	6.5	2,060	2,000	12	6
40	7	2,060	2.000	16	8
50	8	2,575	2,500	28	11,2
60	8	2.575	2,500	32	12,8
70	8,5	3,090	3,000	51	17
80	9,5	»	3.000	66	22
100	18	3,110	3.000	81	27
110	10	3,110	3,000	93	31
135	10	3,110	3,000	112	37,3
150	10.5	3,110	3,000	122,5	40,8
165	10,5	3,110	3,000	140	46.7
190	11	3,110	3,000	169	56,3
200	11	3,110	3,000	170	56,67

CHASSIS ET TAMPONS EN FONTE POUR FOSSES

DIMENSION DU CHASSIS	DIAMÈTRE DU TAMPON	POIDS APPROXIMATIF	DIMENSION DU CHASSIS	DIAMÈTRE DU TAMPON	POIDS APPROXIMATIF
mètres	mètres	kilogrammes	mètres	mètres	kilogrammes
1,05	0,85	330.000	0,50	0,40	50,000
1,00	0,80	300,000	0,50	0,35	48,000
0,95	0,72	270.000	0,45	0,30	40,000
0,90	0,70	240,000	0,40	0,30	35,000
0.85	0,65	200,000	0,40	0,25	30,000
0,80	0,60	180,000	0,35	0,20	22,000
0,70	0,55	110,000	0,30	0,20	16,000
0,60	0,50	80,000	0,30	0,15	15,000
0,60	0,45	75,000			

POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE DIFFÉRENTS MÉTAUX OU ALLIAGES SUIVANT LEURS ÉPAISSEURS

ÉPAISSEUR des FEUILLES en millim.	POIDS DES FEUILLES EN					
	ZINC	FONTE	ÉTAIN	TOLE DE FER	LAITON	CUIVRE ROUGE	PLOMB
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1/4	1,72	1,80	1,83	1,94	2,13	2,20	2,84
1/2	3,43	3,60	3,65	3,89	4,25	4,39	5,68
1	6,86	7,20	7,30	7,78	8,51	8,79	11,35
2	13,72	14,40	14,60	15,57	17,02	15,76	22,70
3	20,58	21,60	21,90	23,36	25,52	26,36	34,05
4	27,44	28,80	29,20	31,15	34,03	35,15	45,40
5	34,31	36,00	36,50	38,94	42,54	43,94	56,76
6	41,17	43,20	43,00	46,72	51,05	52,73	68,11
7	48,03	50,40	51,10	54,51	59,56	61,51	79,46
8	54,89	57,60	58,40	62,30	68,06	70,30	90,81
9	61,75	64,80	65,70	70,09	76,57	79,09	102,16
10	68,61	72,00	73,00	77,88	85,08	87,88	113,52
11	75,47	79,20	80,30	85,66	93,59	96,66	124,87
12	82,33	86,40	87,60	92,45	102,10	105,45	136,22
13	89,19	93,60	94,90	100,23	110,60	114,24	147,57
14	96,05	100,80	102,20	109,03	119,11	123,03	158,92
15	102,92	108,00	109,50	116,82	127,62	131,82	170,28
16	109,78	115,20	116,80	124,60	136,13	140,60	181,63
17	116,64	123,00	124,10	132,39	144,64	149,39	192,98
18	123,50	130,20	131,40	140,18	153,14	158,18	204,33
19	130,36	137,40	138,70	147,97	161,65	166,97	215,68
20	137,22	144,60	146,10	155,76	170,16	175,76	227,04

TABLEAU DES POIDS AU MÈTRE LINÉAIRE

Des fers ronds de 2 à 100 millimètres de diamètre.

DIAMÈTRE	POIDS KIL.	POIDS GRAM.	DIAMÈTRE	POIDS KIL.	POIDS GRAM.	DIAMÈTRE	POIDS KIL.	POIDS GRAM.	DIAMÈTRE	POIDS KIL.	POIDS GRAM.	DIAMÈTRE	POIDS KIL.	POIDS GRAM.
mill.			mill.			mill.			mill.			mill.		
2	0	024	22	2	964	42	10	805	62	23	547	82	41	491
3	0	055	23	3	240	43	11	326	63	24	314	83	42	202
4	0	097	24	3	528	44	11	859	64	25	091	84	43	225
5	0	153	25	3	828	45	12	405	65	25	892	85	44	260
6	0	220	26	4	140	46	12	962	66	26	684	86	45	307
7	0	300	27	4	465	47	13	532	67	27	499	87	46	367
8	0	392	28	4	802	48	14	113	68	28	328	88	47	438
9	0	496	29	5	151	49	14	708	69	29	165	89	48	524
10	0	612	30	5	513	50	15	314	70	30	019	90	49	620
11	0	741	31	5	886	51	15	933	71	30	881	91	50	729
12	0	881	32	6	272	52	16	563	72	31	757	92	51	850
13	1	035	33	6	671	53	17	207	73	32	645	93	52	983
14	1	200	34	7	082	54	17	863	74	33	545	94	54	128
15	1	378	35	7	504	55	18	530	75	34	457	95	55	287
16	1	568	36	7	939	56	19	209	76	35	384	96	56	456
17	1	770	37	8	385	57	19	903	77	36	321	97	57	639
18	1	984	38	8	846	58	20	607	78	37	270	98	58	823
19	2	214	39	9	317	59	21	324	79	38	232	99	60	040
20	2	448	40	9	792	69	22	053	80	39	168	100	61	259
21	2	701	41	10	297	61	22	794	81	40	191			

POIDS DES FERS A T A VITRAGE (LE MÈTRE LINÉAIRE)

NOTA. — Le premier chiffre indique la hauteur totale côté de feuillure.

Hauteur	16/16	18/18	18/22	20/18	20/25	20/27
Poids	0 k 740	0 k 750	1 k 00	1 k 760	1 k 160	
Hauteur	23/23	25/27	25/30	27/27	30/27	33/30
Poids	1 k 300	1 k 315	1 k 420	1 k 380	1 k 500	2 k 260
Hauteur	40/35	45/40	50/45	55/50	66/65	70/65
Poids	3 k 350	4 k 120	5 k 00	5 k 650	6 k 500	9 k 00
Hauteur	75/70	80/75	60/90	60/100	»	»
Poids	10 k 215	11 k 500	10 k 100	11 k 200	»	»

POIDS DES FERS A MOULURE A VITRAGE

Hauteur en m/m.	18	20	25	30	35	40	45	50	60
Poids.	1 k 20	1 k 32	1 k 60	1 k 95	2 k 20	2 k 50	3 k 00	3 k 60	5 k 70

POIDS DES FERS CORNIÈRES (MÈTRE LINÉAIRE)

Hauteur en millim. . .	15	20	25	30	35	40
Poids	0 k 700	1 k 00	1 k 450	2 k 00	2 k 600	3 k 300
Hauteur en millim. . .	45	50	55	60	65	70
Poids	4 k 100	4 k 900	5 k 600	7 k 100	8 k 700	9 k 400
Hauteur en millim. . .	75	80	85	90	100	120
Poids	11 k 100	12 k 200	13 k 500	14 k 200	18 k 100	23 k 00

POIDS DES CORNIÈRES A CÔTÉS INÉGAUX

Hauteur.	20/13	25/15	30/16	35/18	40/18	50/30
Poids	0 k 660	1 k 00	1 k 210	1 k 510	2 k 420	3 k 500
Hauteur.	60/36	70/40	80/50	90/60	125/80	150/90
Poids	6 k 600	7 k 200	8 k 300	11 k 200	14 k 400	21 k 400

POIDS DES FERS U

Hauteur en millimètres. . . .	60	80	100	120	140
Poids	5 k 50	7 k 90	11 k 20	14 k 60	18 k 10
Hauteur en millimètres.	160	175	200	220	250
Poids	21 k 20	24 k 40	26 k 00	29 k 00	33 k 00

POIDS DE UN MÈTRE CARRÉ DE TÔLE

Épaisseur en millim. .	1/4	1/2	3/4	1	2	3
Poids	1 k 95	3 k 90	5 k 85	7 k 78	15 k 57	23 k 36
Épaisseur en millim. .	4	5	6	7	8	9
Poids	31 k 15	38 k 94	46 k 73	54 k 52	62 k 30	70 k 09
Épaisseur en millim. .	10	11	12	13	14	15
Poids	77 k 88	85 k 67	92 k 46	100 k 23	109 k 03	116 k 82
Épaisseur en millim. .	16	17	18	19	20	21
Poids	124 k 61	132 k 40	140 k 18	147 k 97	155 k 76	63 k 551

TÔLES DU COMMERCE

Tôles forgées. — Largeur 1 mètre, longueur 2 mètres; l'épaisseur par demi-millimètre de 0 m. 001 à 0 m. 005, et par millimètre de 0 m. 005 à 0 m. 015.

Ronds puddlés ou corroyés. — Diamètre de 0 m. 50 à 1 m. 50 sur épaisseur de 0 m. 007 à 0 m. 015.

Tôles striées. — Longueur 1 m. 50 à 2 m. 50. Épaisseur 0 m. 007, largeur 0 m. 60, 0 m. 70 et 0∗m. 75, jusqu'à 1 mètre.

1re CLASSE, 2 à 0 m. 003 faible.	Feuilles de 2 m. 00 sur 0 m. 80 de 25 kil et plus.
	— — sur 1 m. 00 de 31 —
	— de 1 m. 66 sur 0 m. 66 de 17 —
	— sur 0 m. 80 de 20 —

TÔLES DU COMMERCE

2e CLASSE, 1 à 0 m. 002 faible.	Feuilles de 2 m. 00 sur 0 m. 80 de 13 k 000 à 24 k 500.
	— — sur 1 m. 00 de 16 k 000 à 30 k 500.
	— de 1 m. 66 sur 0 m. 66 de 8 k 000 à 16 k 500.
	— — sur 0 m. 80 de 10 k 000 à 16 k 000.
3e CLASSE, 2/3 à 0 m. 001 faible.	Feuilles de 2 m. 00 sur 0 m. 80 de 8 k 500 à 12 k 500.
	— — sur 1 m. 00 de 12 k 000 à 15 k 750.
	— de 1 m. 66 sur 0 m. 66 de 5 k 000 à 7 k 750.
	— — sur 0 m. 80 de 6 k 500 à 10 k 000.
4e CLASSE, 1/2 à 2/3 mm. faible.	Feuilles de 2 m. 00 sur 1 m. 00 de 10 k 000 à 11 k 750.
	— de 1 m. 66 sur 0 m. 66 de 4 k 000 à 4 k 750.
	— — sur 0 m. 80 de 5 k 500 à 6 k 250.
5e CLASSE, de 1/2 mm. faible.	Feuilles de 1 m. 66 sur 0 m. 66 de 3 k 500 à 3 k 750.
	— — sur 0 m. 80 de 4 k 500 à 5 k 250.

TÔLES UNIES ZINGUÉES

De 1 m. 65 sur 0 m. 65.

TABLEAU DES FILS, AVEC POIDS, NUMÉROS A LA JAUGE ET DIAMÈTRES

Poids des fils de fer et d'acier (densité, 7,80) [1].

NUMÉROS de la jauge de Paris.	Numéros approchés de la jauge anglaise (de Birmingham).	Épaisseur en millim.	Section en millim. carrés.		Poids de 100 m. de longueur.		Longueur d'un kilogram.	
			du fil rond.	du fil carré.	du fil rond.	du fil carré.	du fil rond.	du fil carré.
P. 10	33	0,20	0,031	»	0,024	»	4 135,64	»
P. 9	32	0,22	0,038	»	0,030	»	3 373,82	»
P. 8	»	0,24	0,045	»	0,035	»	2 849,00	»
P. 7	31	0,26	0,053	»	0,041	»	2 418,96	»
P. 6	»	0,28	0,062	»	0,048	»	2 067,82	»
P. 5	30	0,31	0,075	»	0,059	»	1 709,33	»
P. 4	29	0,34	0,091	»	0,071	»	1 408,84	»
P. 3	28	0,37	0,108	»	0,084	»	1 187,09	»
P. 2	27	0,40	0,126	»	0,098	»	1 017,50	»
P. 1	26	0,45	0,159	»	0,124	»	806,32	»
Passe-Perle.	25	0,5	0,196	0,25	0,153	0,195	653,60	512,82
1	24	0,6	0,283	0,36	0,220	0,281	454,54	356,13
2	23	0,7	0,385	0,49	0,300	0,382	333,33	261,85
3	22	0,8	0,503	0,64	0,392	0,499	255,10	200,32
4	21	0,9	0,636	0,81	0,496	0,631	201,61	158,27
5	20	1,0	0,785	1,00	0,612	0,780	163,40	128,21
6	19	1,1	0,950	1,21	0,741	0,943	134,95	105,95
7	18	1,2	1,131	1,44	0,881	1,122	113,50	89,03
8	»	1,3	1,327	1,69	1,033	1,317	96,62	75,87
9	17	1,4	1,539	1,96	1,200	1,527	83,33	65,36
10	»	1,5	1,767	2,25	1,378	1,753	72,57	56,98
11	16	1,6	2,011	2,56	1,568	1,994	63,77	50,08
12	15	1,8	2,545	3,24	1,984	2,524	50,40	39,57
13	14	2,0	3,142	4,00	2,448	3,129	40,85	32,05
14	»	2,2	3,801	4,84	2,964	3,770	33,74	26,49
15	13	2,4	4,524	5,76	3,528	4,480	28,34	22,26
16	12	2,7	5,726	7,29	4,463	5,678	22,40	17,58
17	11	3,0	7,069	9,00	5,513	7,030	18,14	14,24
18	10	3,4	9,079	11,56	7,082	9,003	14,12	11,09
19	9	3,9	11,946	15,21	9,317	11,900	10,73	8,43
20	8	4,4	15,205	19,36	11,859	15,078	8,43	6,62
21	6	4,9	18,857	24,01	14,708	18,750	6,80	5,34
22	5	5,4	22,902	29,16	17,863	22,710	5,59	4,39
23	4	5,9	27,340	34,81	21,324	27,200	4,69	3,68
24	3	6,4	32,170	40,96	25,091	31,980	3,99	3,13
25	2	7,0	38,484	49,00	30,019	38,250	3,33	2,61
26	1	7,6	45,365	57,76	35,384	45,010	2,82	2,23
27	»	8,2	52,810	67,24	41,191	52,500	2,43	1,91
28	0	8,8	60,821	77,44	47,438	60,400	2,11	1,66
29	00	9,4	69,398	88,36	54,128	68,815	1,85	1,45
30	000	10,0	78,540	100,00	61,259	78,000	1,63	1,28

[1] Léon GRIVEAUD, *Manuel du serrurier-constructeur.*

TABLEAU DONNANT LE POIDS DES FERS CREUX PAR MÈTRE LINÉAIRE

DIAMÈTRE extérieur.	ÉPAISSEUR	POIDS du mètre approximativement	ÉPAISSEUR	DIAMÈTRE extérieur.	POIDS du mètre approximativement
millim.	millim.	kilog.	millim.	millim.	kilogr.
25	2	1,150	120	4 1/4	11,720
27	2	1,200	125	4 1/4	12,220
30	2	1,500	130	4 1/4	12,730
32	2 1/4	1,600	135	4 1/4	13,230
35	2 1/4	1,700	140	4 1/2	14,540
40	2 1/2	1,800	145	4 1/2	15,070
45	2 1/2	2,540	150	4 1/2	15,610
50	2 3/4	3,150	155	4 1/2	16,150
55	3 3/4	3,440	160	4 1/2	16,690
60	3	4,000	165	4 1/2	17,220
65	3	4,460	170	4 1/2	17,790
70	3	4,810	175	4 1/2	18,300
75	3	5,180	180	4 1/2	18,830
80	3 1/4	5,950	185	5	19,730
85	3 1/4	6,330	190	5 1/2	20,650
90	3 1/4	6,730	195	5 3/4	21,660
95	3 1/4	7,110	200	6	22,720
100	3 3/4	8,638	205	6	23,570
105	3 3/4	9,080	210	6	24,420
110	3 3/4	9,530	215	6	25,270
115	3 3/4	9,970	220	6 1/2	28,678

POIDS DES TONNEAUX EN TÔLE GALVANISÉE

CONTENANCE en litres	DIAMÈTRE extérieur	LONGUEUR extérieure	POIDS
litres.	mètres.	mètres.	kilogrammes.
100	0,46	0,66	21
150	0,52	0,80	35
200	0,54	1,00	46
220	0,56	1,00	50
250	0,60	1,00	57
300	0,63	1,00	64
400	0,68	1,17	78
500	0,75	1,20	90
600	0,82	1,20	106
700	0,90	1,20	120
800	0,93	1,30	150
900	0,94	1,30	160
1 000	0,94	1,45	170
1 500	1,02	1,93	267
2 000	1,11	2,11	340

POIDS DES RÉSERVOIRS CYLINDRIQUES

Contenance en litres	1000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10000
Diamètre . . .	1m03	1m22	1m13	1m39	1m56	1m75	1m87	2m02	2m12	2m24	2m36
Hauteur. . . .	1,20	1,30	2,00	2,00	2,10	2,10	2,10	2,20	2,30	2,30	2,30
Poids approximatif, kilog.	165	220	320	380	510	510	650	740	800	960	1 060

POIDS DES RÉSERVOIRS RECTANGULAIRES

Contenance en litres	1000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10000
Longueur. . .	1m00	1m50	2m00	2m00	2m00	2m50	2m50	3m00	3m10	3m10	3m85
Largeur. . . .	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,00	2,00	1,95	2,00	2,00	2,00
Hauteur . . .	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,30	1,30	1,30
Poids approximatif, kilog.	180	250	330	440	550	670	740	850	920	1 100	1 200

POIDS DES CHEMINÉES EN TÔLE

DIAMÈTRE	ÉPAISSEUR en millimètres.	LONGUEUR des bouts.	POIDS APPROXIMATIF du mètre courant.	DIAMÈTRE	ÉPAISSEUR en millimètres.	LONGUEUR des bouts.	POIDS APPROXIMATIF du mètre courant.
mètres.	millim.	mètres.	kilog.	mètres.	millim.	mètres.	kilog.
0,20	3	4	18	0,55	4	5	65
0,25	3	4	23	0,60	4	5	69
0,30	3	4	27	0,70	5	6	100
0,35	3	4	32	0,80	6	6	136
0,40	4	5	45	0,90	6	6	153
0,45	4	5	52	1,00	7	6	192
0,50	4	5	57				

TABLEAU DES POIDS AU MÈTRE LINEAIRE

Des fers carrés et plats de 2 à 100 millimètres.

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
2	2	0	031	2	43	0	670	3	16	0	374	3	57	1	333
2	3	0	046	2	44	0	686	3	17	0	397	3	58	1	357
2	4	0	068	2	45	0	702	3	18	0	421	3	59	1	380
2	5	0	078	2	46	0	717	3	19	0	444	3	60	1	404
2	6	0	093	2	47	0	733	3	20	0	468	3	61	1	427
2	7	0	109	2	48	0	748	3	21	0	491	3	62	1	450
2	8	0	124	2	49	0	764	3	22	0	514	3	63	1	474
2	9	0	140	2	50	0	780	3	23	0	538	3	64	1	497
2	10	0	156	2	51	0	795	3	24	0	561	3	65	1	521
2	11	0	171	2	52	0	811	3	25	0	585	3	66	1	544
2	12	0	187	2	53	0	826	3	26	0	608	3	67	1	567
2	13	0	202	2	54	0	842	3	27	0	631	3	68	1	591
2	14	0	218	2	55	0	858	3	28	0	655	3	69	1	614
2	15	0	234	2	56	0	873	3	29	0	678	3	70	1	638
2	16	0	249	2	57	0	889	3	30	0	702	4	4	0	124
2	17	0	265	2	58	0	904	3	31	0	725	4	5	0	156
2	18	0	280	2	59	0	920	3	32	0	748	4	6	0	187
2	19	0	296	2	60	0	936	3	33	0	772	4	7	0	218
2	20	0	312	2	61	0	951	3	34	0	795	4	8	0	249
2	21	0	327	2	62	0	967	3	35	0	819	4	9	0	280
2	22	0	343	2	63	0	982	3	36	0	842	4	10	0	312
2	23	0	358	2	64	0	998	3	37	0	865	4	11	0	343
2	24	0	374	2	65	1	014	3	38	0	889	4	12	0	374
2	25	0	390	2	66	1	029	3	39	0	912	4	13	0	405
2	26	0	405	2	67	1	045	3	40	0	936	4	14	0	436
2	27	0	421	2	68	1	060	3	41	0	959	4	15	0	468
2	28	0	436	2	69	1	076	3	42	0	982	4	16	0	499
2	29	0	452	2	70	1	092	3	43	1	006	4	17	0	530
2	30	0	468	3	3	0	070	3	44	1	029	4	18	0	561
2	31	0	483	3	4	0	093	3	45	1	053	4	19	0	592
2	32	0	499	3	5	0	117	3	46	1	076	4	20	0	624
2	33	0	514	3	6	0	140	3	47	1	099	4	21	0	655
2	34	0	530	3	7	0	163	3	48	1	123	4	22	0	686
2	35	0	546	3	8	0	187	3	49	1	146	4	23	0	717
2	36	0	561	3	9	0	210	3	50	1	170	4	24	0	748
2	37	0	577	3	10	0	234	3	51	1	193	4	25	0	780
2	38	0	592	3	11	0	257	3	52	1	216	4	26	0	811
2	39	0	608	3	12	0	280	3	53	1	240	4	27	0	842
2	40	0	624	3	13	0	304	3	54	1	263	4	28	0	873
2	41	0	639	3	14	0	327	3	55	1	287	4	29	0	904
2	42	0	655	3	15	0	351	3	56	1	310	4	30	0	936

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
4	31	0	967	5	11	0	429	5	57	2	223	6	38	1	778
4	32	0	998	5	12	0	468	5	58	2	262	6	39	1	825
4	33	1	029	5	13	0	507	5	59	2	301	6	40	1	872
4	34	1	060	5	14	0	546	5	60	2	340	6	41	1	918
4	35	1	092	5	15	0	585	5	61	2	379	6	42	1	965
4	36	1	123	5	16	0	624	5	62	2	418	6	43	2	012
4	37	1	154	5	17	0	663	5	63	2	457	6	44	2	059
4	38	1	185	5	18	0	702	5	64	2	496	6	45	2	106
4	39	1	216	5	19	0	741	5	65	2	535	6	46	2	152
4	40	1	248	5	20	0	780	5	66	2	574	6	47	2	199
4	41	1	279	5	21	0	819	5	67	2	613	6	48	2	246
4	42	1	310	5	22	0	858	5	68	2	652	6	49	2	293
4	43	1	341	5	23	0	897	5	69	2	691	6	50	2	340
4	44	1	372	5	24	0	936	5	70	2	730	6	51	2	386
4	45	1	404	5	25	0	975	6	6	0	280	6	52	2	433
4	46	1	435	5	26	1	014	6	7	0	327	6	53	2	480
4	47	1	466	5	27	1	053	6	8	0	374	6	54	2	527
4	48	1	497	5	28	1	092	6	9	0	421	6	55	2	574
4	49	1	528	5	29	1	131	6	10	0	468	6	56	2	620
4	50	1	560	5	30	1	170	6	11	0	514	6	57	2	667
4	51	1	591	5	31	1	209	6	12	0	564	6	58	2	714
4	52	1	622	5	32	1	248	6	13	0	608	6	59	2	761
4	53	1	653	5	33	1	287	6	14	0	655	6	60	2	808
4	54	1	684	5	34	1	326	6	15	0	702	6	61	2	854
4	55	1	716	5	35	1	365	6	16	0	748	6	62	2	901
4	56	1	747	5	36	1	404	6	17	0	795	6	63	2	948
4	57	1	778	5	37	1	443	6	18	0	842	6	64	2	995
4	58	1	809	5	38	1	482	6	19	0	889	6	65	3	042
4	59	1	840	5	39	1	521	6	20	0	936	6	66	3	088
4	60	1	872	5	40	1	560	6	21	0	982	6	67	3	135
4	61	1	903	5	41	1	599	6	22	1	029	6	68	3	182
4	62	1	934	5	42	1	638	6	23	1	076	6	69	3	229
4	63	1	965	5	43	1	677	6	24	1	123	6	70	3	276
4	64	1	996	5	44	1	716	6	25	1	170	7	7	0	382
4	65	2	028	5	45	1	755	6	26	1	216	7	8	0	436
4	66	2	059	5	46	1	794	6	27	1	263	7	9	0	491
4	67	2	090	5	47	1	833	6	28	1	310	7	10	0	546
4	68	2	121	5	48	1	872	6	29	1	357	7	11	0	600
4	69	2	152	5	49	1	911	6	30	1	404	7	12	0	655
4	70	2	184	5	50	1	950	6	31	1	450	7	13	0	709
5	5	0	195	5	51	1	989	6	32	1	497	7	14	0	764
5	6	0	234	5	52	2	028	6	33	1	544	7	15	0	819
5	7	0	273	5	53	2	067	6	34	1	591	7	16	0	873
5	8	0	312	5	54	2	103	6	35	1	638	7	17	0	928
5	9	0	351	5	55	2	145	6	36	1	684	7	18	0	982
5	10	0	390	5	56	2	184	6	37	1	731	7	19	1	037

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
7	20	1	092	7	66	3	603	8	49	3	057	9	33	2	316
7	21	1	146	7	67	3	658	8	50	3	120	9	34	2	386
7	22	1	201	7	68	3	712	8	51	3	182	9	35	2	457
7	23	1	256	7	69	3	767	8	52	3	244	9	36	2	527
7	24	1	310	7	70	3	822	8	53	3	307	9	37	2	597
7	25	1	365	8	8	0	499	8	54	3	369	9	38	2	667
7	26	1	419	8	9	0	561	8	55	3	432	9	39	2	737
7	27	1	474	8	10	0	624	8	56	3	494	9	40	2	808
7	28	1	528	8	11	0	686	8	57	3	556	9	41	2	878
7	29	1	583	8	12	0	748	8	58	3	619	9	42	2	948
7	30	1	638	8	13	0	811	8	59	3	681	9	43	3	018
7	31	1	692	8	14	0	873	8	60	3	744	9	44	3	088
7	32	1	747	8	15	0	936	8	61	3	806	9	45	3	159
7	33	1	801	8	16	0	998	8	62	3	868	9	46	3	229
7	34	1	856	8	17	1	060	8	63	3	931	9	47	3	299
7	35	1	911	8	18	1	123	8	64	3	993	9	48	3	369
7	36	1	965	8	19	1	185	8	65	4	059	9	49	3	439
7	37	2	020	8	20	1	248	8	66	4	118	9	50	3	510
7	38	2	074	8	21	1	310	8	67	4	180	9	51	3	580
7	39	2	129	8	22	1	372	8	68	4	243	9	52	3	650
7	40	2	184	8	23	1	435	8	69	4	305	9	53	3	720
7	41	2	238	8	24	1	497	8	70	4	368	9	54	3	790
7	42	2	293	8	25	1	560	9	9	0	631	9	55	3	861
7	43	2	347	8	26	1	622	9	10	0	702	9	56	3	931
7	44	2	402	8	27	1	684	9	11	0	772	9	57	4	001
7	45	2	457	8	28	1	747	9	12	0	842	9	58	4	071
7	46	2	511	8	29	1	809	9	13	0	912	9	59	4	141
7	47	2	566	8	30	1	872	9	14	0	982	9	60	4	212
7	48	2	620	8	31	1	934	9	15	1	053	9	61	4	282
7	49	2	675	8	32	1	996	9	16	1	123	9	62	4	352
7	50	2	730	8	33	2	059	9	17	1	193	9	63	4	422
7	51	2	784	8	34	2	121	9	18	1	263	9	64	4	492
7	52	2	839	8	35	2	184	9	19	1	333	9	65	4	563
7	53	2	893	8	36	2	246	9	20	1	404	9	66	4	633
7	54	2	948	8	37	2	308	9	21	1	474	9	67	4	703
7	55	3	003	8	38	2	371	9	22	1	544	9	68	4	773
7	56	3	057	8	39	2	434	9	23	1	614	9	69	4	843
7	57	3	112	8	40	2	496	9	24	1	684	9	70	4	914
7	58	3	166	8	41	2	558	9	25	1	755	10	10	0	780
7	59	3	221	8	42	2	620	9	26	1	825	10	11	0	858
7	60	3	276	8	43	2	683	9	27	1	895	10	12	0	936
7	61	3	330	8	44	2	745	9	28	1	965	10	13	1	014
7	62	3	385	8	45	2	808	9	29	2	035	10	14	1	092
7	63	3	439	8	46	2	870	9	30	2	106	10	15	1	170
7	64	3	494	8	47	2	933	9	31	2	176	10	16	1	248
7	65	3	549	8	48	2	995	9	32	2	246	10	17	1	326

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
10	18	1	404	10	64	4	992	11	50	4	290	12	37	3	463
10	19	1	482	10	65	5	070	11	51	4	375	12	38	3	556
10	20	1	560	10	66	5	148	11	52	4	461	12	39	3	650
10	21	1	638	10	67	5	226	11	53	4	547	12	40	3	744
10	22	1	716	10	68	5	304	11	54	4	633	12	41	3	837
10	23	1	794	10	69	5	382	11	55	4	719	12	42	3	931
10	24	1	872	10	70	5	460	11	56	4	804	12	43	4	024
10	25	1	950	11	11	0	943	11	57	4	890	12	44	4	118
10	26	2	028	11	12	1	029	11	58	4	976	12	45	4	212
10	27	2	106	11	13	1	115	11	59	5	062	12	46	4	305
10	28	2	184	11	14	1	201	11	60	5	148	12	47	4	399
10	29	2	262	11	15	1	287	11	61	5	233	12	48	4	492
10	30	2	340	11	16	1	372	11	62	5	319	12	49	4	586
10	31	2	418	11	17	1	458	11	63	5	405	12	50	4	680
10	32	2	496	11	18	1	544	11	64	5	491	12	51	4	773
10	33	2	574	11	19	1	630	11	65	5	577	12	52	4	867
10	34	2	652	11	20	1	716	11	66	5	662	12	53	4	960
10	35	2	730	11	21	1	801	11	67	5	748	12	54	5	054
10	36	2	808	11	22	1	887	11	68	5	834	12	55	5	148
10	37	2	886	11	23	1	973	11	69	5	920	12	56	5	241
10	38	2	964	11	24	2	059	11	70	6	006	12	57	5	335
10	39	3	042	11	25	2	145	12	12	1	124	12	58	5	428
10	40	3	120	11	26	2	230	12	13	1	216	12	59	5	522
10	41	3	198	11	27	2	316	12	14	1	310	12	60	5	616
10	42	3	276	11	28	2	402	12	15	1	404	12	61	5	709
10	43	3	354	11	29	2	488	12	16	1	497	12	62	5	803
10	44	3	432	11	30	2	574	12	17	1	591	12	63	5	896
10	45	3	510	11	31	2	659	12	18	1	684	12	64	5	990
10	46	3	588	11	32	2	745	12	19	1	778	12	65	6	084
10	47	3	666	11	33	2	831	12	20	1	872	12	66	6	177
10	48	3	744	11	34	2	917	12	21	1	965	12	67	6	271
10	49	3	822	11	35	3	003	12	22	2	059	12	68	6	365
10	50	3	900	11	36	3	088	12	23	2	152	12	69	6	458
10	51	3	978	11	37	3	174	12	24	2	246	12	70	6	552
10	52	4	056	11	38	3	260	12	25	2	340	13	13	1	318
10	53	4	134	11	39	3	346	12	26	2	433	13	14	1	419
10	54	4	212	11	40	3	432	12	27	2	527	13	15	1	521
10	55	4	290	11	41	3	517	12	28	2	620	13	16	1	622
10	56	4	368	11	42	3	603	12	29	2	714	13	17	1	723
10	57	4	446	11	43	3	689	12	30	2	808	13	18	1	825
10	58	4	524	11	44	3	775	12	31	2	901	13	19	1	926
10	59	4	602	11	45	3	861	12	32	2	995	13	20	2	028
10	60	4	680	11	46	3	946	12	33	3	088	13	21	2	129
10	61	4	758	11	47	4	032	12	34	3	182	15	22	2	230
10	62	4	836	11	48	4	118	12	35	3	276	13	23	2	332
10	63	4	914	11	49	4	204	12	36	3	369	13	24	2	433

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
13	25	2	535	14	14	1	528	14	60	6	552	15	50	5	850
13	26	2	636	14	15	1	638	14	61	6	661	15	51	5	967
13	27	2	737	14	16	1	747	14	62	6	770	15	52	6	084
13	28	2	839	14	17	1	856	14	63	6	879	15	53	6	201
13	29	2	940	14	18	1	965	14	64	6	988	15	54	6	318
13	30	3	042	14	19	2	074	14	65	7	098	15	55	6	435
13	31	3	143	14	20	2	184	14	66	7	207	15	56	6	552
13	32	3	244	14	21	2	293	14	67	7	316	15	57	6	669
13	33	3	346	14	22	2	402	14	68	7	425	15	58	6	786
13	34	3	447	14	23	2	511	14	69	7	534	15	59	6	903
13	35	3	549	14	24	2	620	14	70	7	644	15	60	7	020
13	36	3	650	14	25	2	730	15	15	1	755	15	61	7	137
13	37	3	751	14	26	2	839	15	16	1	872	15	62	7	254
13	38	3	853	14	27	2	948	15	17	1	989	15	63	7	371
13	39	3	954	14	28	3	057	15	18	2	106	15	64	7	488
13	40	4	056	14	29	3	166	15	19	2	223	15	65	7	605
13	41	4	157	14	30	3	276	15	20	2	340	15	66	7	722
13	42	4	258	14	31	3	385	15	21	2	457	15	67	7	839
13	43	4	360	14	32	3	494	15	22	2	574	15	68	7	956
13	44	4	461	14	33	3	603	15	23	2	691	15	69	8	073
13	45	4	563	14	34	3	712	15	24	2	808	15	70	8	190
13	46	4	664	14	35	3	822	15	25	2	925	16	16	1	996
13	47	4	765	14	36	3	931	15	26	3	042	16	17	2	121
13	48	4	867	14	37	4	040	15	27	3	159	16	18	2	246
13	49	4	968	14	38	4	149	15	28	3	276	16	19	2	371
13	50	5	870	14	39	4	258	15	29	3	393	16	20	2	496
13	51	5	171	14	40	4	368	15	30	3	510	16	21	2	620
13	52	5	272	14	41	4	477	15	31	3	627	16	22	2	745
13	53	5	374	14	42	4	586	15	32	3	744	16	23	2	870
13	54	5	475	14	43	4	695	15	33	3	861	16	24	2	995
13	55	5	577	14	44	4	804	15	34	3	978	16	25	3	120
13	56	5	678	14	45	4	914	15	35	4	095	16	26	3	244
13	57	5	779	14	46	5	023	15	36	4	212	16	27	3	369
13	58	5	881	14	47	5	132	15	37	4	329	16	28	3	494
13	59	5	982	14	48	5	241	15	38	4	446	16	29	3	619
13	60	6	084	14	49	5	350	15	39	4	563	16	30	3	744
13	61	6	185	14	50	5	460	15	40	4	680	16	31	3	868
13	62	6	286	14	51	5	569	15	41	4	797	16	32	3	993
13	63	6	388	14	52	5	678	15	42	4	914	16	33	4	118
13	64	6	489	14	53	5	787	15	43	5	031	16	34	4	243
13	65	6	591	14	54	5	896	15	44	5	148	16	35	4	368
13	66	6	692	14	55	6	006	15	45	5	265	16	36	4	492
13	67	6	793	14	56	6	115	15	46	5	382	16	37	4	617
13	68	6	895	14	57	6	224	15	47	5	499	16	38	4	742
13	69	6	996	14	58	6	333	15	48	5	616	16	39	4	867
13	70	7	098	14	59	6	442	15	49	5	733	16	40	4	992

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
16	41	5	116	17	33	4	375	18	26	3	650	19	20	2	964
16	42	5	241	17	34	4	508	18	27	3	790	19	21	3	112
16	43	5	366	17	35	4	641	18	28	3	931	19	22	3	260
16	44	5	491	17	36	4	773	18	29	4	071	19	23	3	408
16	45	5	616	17	37	4	906	18	30	4	212	19	24	3	556
16	46	5	740	17	38	5	038	18	31	4	352	19	25	3	705
16	47	5	865	17	39	5	171	18	32	4	492	19	26	3	853
16	48	5	990	17	40	5	304	18	33	4	633	19	27	4	001
16	49	6	115	17	41	5	436	18	34	4	773	19	28	4	149
16	50	6	240	17	42	5	569	18	35	4	914	19	29	4	297
16	51	6	364	17	43	5	701	18	36	5	054	19	30	4	446
16	52	6	489	17	44	5	834	18	37	5	194	19	31	4	594
16	53	6	614	17	45	5	967	18	38	5	335	19	32	4	742
16	54	6	739	17	46	6	099	18	39	5	475	19	33	4	890
16	55	6	864	17	47	6	232	18	40	5	616	19	34	5	038
16	56	6	988	17	48	6	364	18	41	5	756	19	35	5	187
16	57	7	113	17	59	6	497	18	42	5	896	19	36	5	335
16	58	7	238	17	50	6	630	18	43	6	037	19	37	5	483
16	59	7	363	17	51	6	762	18	44	6	177	19	38	5	631
16	60	7	488	17	52	6	895	18	45	6	318	19	39	5	779
16	61	7	612	17	53	7	027	18	46	6	458	19	40	5	928
16	62	7	737	17	54	7	160	18	47	6	598	19	41	6	076
16	63	7	862	17	55	7	293	18	48	6	739	19	42	6	224
16	64	7	987	17	56	7	425	18	49	6	879	19	43	6	372
16	65	8	112	17	57	7	558	18	50	7	020	19	44	6	520
16	66	8	236	17	58	7	690	18	51	7	160	19	45	6	669
16	67	8	361	17	59	7	823	18	52	7	300	19	46	6	817
16	68	8	486	17	60	7	956	18	53	7	441	19	47	6	965
16	69	8	611	17	61	8	088	18	54	7	581	19	48	7	113
16	70	8	736	17	62	8	221	18	55	7	722	19	49	7	261
17	17	2	254	17	63	8	353	18	56	7	862	19	50	7	410
17	18	2	386	17	64	8	486	18	57	8	002	19	51	7	558
17	19	2	519	17	65	8	619	18	58	8	143	19	52	7	706
17	20	2	652	17	66	8	751	18	59	8	283	19	53	7	854
17	21	2	784	17	67	8	884	18	60	8	424	19	54	8	002
17	22	2	917	17	68	9	016	18	61	8	564	19	55	8	151
17	23	3	049	17	69	9	149	18	62	8	704	19	56	8	299
17	24	3	182	17	70	9	282	18	63	8	845	19	57	8	447
17	25	3	315	18	18	2	527	18	64	8	985	19	58	8	595
17	26	3	447	18	19	2	667	18	65	9	126	19	59	8	743
17	27	3	580	18	20	2	808	18	66	9	266	19	60	8	892
17	28	3	712	18	21	2	948	18	67	9	406	19	61	9	040
17	29	3	845	18	22	3	088	18	68	9	547	19	62	9	188
17	30	3	978	18	23	3	229	18	69	9	687	19	63	9	336
17	31	4	110	18	24	3	369	18	70	9	828	19	64	9	484
17	32	4	243	18	25	3	510	19	19	2	815	19	65	9	633

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
19	66	9	781	20	61	9	516	21	57	9	336	22	54	9	266
19	67	9	929	20	62	9	672	21	58	9	500	22	55	9	438
19	68	10	077	20	63	9	828	21	59	9	664	22	56	9	609
19	69	10	225	20	64	9	984	21	60	9	828	22	57	9	781
19	70	10	374	20	65	10	140	21	61	9	991	22	58	9	952
20	20	3	120	20	66	10	296	21	62	10	155	22	59	10	124
20	21	3	276	20	67	10	452	21	63	10	319	22	60	10	296
20	22	3	432	20	68	10	608	21	64	10	483	22	61	10	467
20	23	3	588	20	69	10	764	21	65	10	647	22	62	10	639
20	24	3	744	20	70	10	920	21	66	10	810	22	63	10	810
20	25	3	900	21	21	3	439	21	67	10	974	22	64	10	982
20	26	4	056	21	22	3	603	21	68	11	138	22	65	11	154
20	27	4	212	21	23	3	767	21	69	11	302	22	66	11	325
20	28	4	368	21	24	3	931	21	70	11	466	22	67	11	497
20	29	4	524	21	25	4	095	22	22	3	775	22	68	11	668
20	30	4	680	21	26	4	258	22	23	3	946	22	69	11	840
20	31	4	836	21	27	4	422	22	24	4	118	22	70	12	012
20	32	4	992	21	28	4	586	22	25	4	290	23	23	4	126
20	33	5	148	21	29	4	750	22	26	4	461	23	24	4	305
20	34	5	304	21	30	4	914	22	27	4	633	23	25	4	485
20	35	5	460	21	31	5	077	22	28	4	804	23	26	4	664
20	36	5	616	21	32	5	241	22	29	4	976	23	27	4	843
20	37	5	772	21	33	5	405	22	30	5	148	23	28	5	023
20	38	5	928	21	34	5	569	22	31	5	319	23	29	5	202
20	39	6	084	21	35	5	733	22	32	5	491	23	30	5	382
20	40	6	240	21	36	5	896	22	33	5	662	23	31	5	561
20	41	6	396	21	37	6	060	22	34	5	834	23	32	5	740
20	42	6	552	21	38	6	224	22	35	6	006	23	33	5	920
20	43	6	708	21	39	6	388	22	36	6	177	23	34	6	099
20	44	6	864	21	40	6	552	22	37	6	349	23	35	6	278
20	45	7	020	21	41	6	715	22	38	6	520	23	36	6	458
20	46	7	176	21	42	6	879	22	39	6	692	23	37	6	637
20	47	7	332	21	43	7	043	22	40	6	864	23	38	6	817
20	48	7	488	21	44	7	207	22	41	7	035	23	39	6	996
20	49	7	644	21	45	7	371	22	42	7	207	23	40	7	176
20	50	7	800	21	46	7	534	22	43	7	378	23	41	7	355
20	51	7	956	21	47	7	698	22	44	7	550	23	42	7	534
20	52	8	112	21	48	7	862	22	45	7	722	23	43	7	714
20	53	8	268	21	49	8	026	22	46	7	893	23	44	7	893
20	54	8	424	21	50	8	190	22	47	7	065	23	45	8	073
20	55	8	580	21	51	8	353	22	48	8	236	23	46	8	252
20	56	8	736	21	52	8	517	22	49	8	408	23	47	8	431
20	57	8	892	21	53	8	681	22	50	8	580	23	48	8	611
20	58	9	048	21	54	8	845	22	51	8	751	23	49	8	790
20	59	9	204	21	55	9	009	22	52	8	923	23	50	8	970
20	60	9	360	21	56	9	172	22	53	9	094	23	51	9	149

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
23	52	9	328	24	51	9	547	25	51	9	945	26	52	10	545
23	53	9	508	24	52	9	734	25	52	10	140	26	53	10	748
23	54	9	687	24	53	9	921	25	53	10	335	26	54	10	951
23	55	9	867	24	54	10	108	25	54	10	530	26	55	11	154
23	56	10	046	24	55	10	296	25	55	10	725	26	56	11	356
23	57	10	225	24	56	10	483	25	56	10	920	26	57	11	559
23	58	10	405	24	57	10	670	25	57	11	115	26	58	11	762
23	59	10	584	24	58	10	857	25	58	11	310	26	59	11	965
23	60	10	764	24	59	11	044	25	59	11	505	26	60	12	168
23	61	10	943	24	60	11	232	25	60	11	700	26	61	12	370
23	62	11	122	24	61	11	419	25	61	11	895	26	62	12	573
23	63	11	302	24	62	11	606	25	62	12	090	26	63	12	776
23	64	11	481	24	63	11	793	25	63	12	285	26	64	12	979
23	65	11	661	24	64	11	980	25	64	12	480	26	65	13	182
23	66	11	840	24	65	12	168	25	65	12	675	26	66	13	384
23	67	12	019	24	66	12	355	25	66	12	870	26	67	13	587
23	68	12	199	24	67	12	542	25	67	13	065	26	68	13	790
23	69	12	378	24	68	12	729	25	68	13	260	26	69	13	993
23	70	12	558	24	69	12	916	25	69	13	455	26	70	14	196
24	24	4	492	24	70	13	103	25	70	13	650	27	27	5	686
24	25	4	680	25	25	4	875	26	26	5	272	27	28	5	896
24	26	4	867	25	26	5	070	26	27	5	475	27	29	6	107
24	27	5	056	25	27	5	265	26	28	5	678	27	30	6	318
24	28	5	241	25	28	5	460	26	29	5	881	27	31	6	528
24	29	5	430	25	29	5	655	26	30	6	084	27	32	6	739
24	30	5	616	25	30	5	850	26	31	6	286	27	33	6	949
24	31	5	803	25	31	6	045	26	32	6	489	27	34	7	160
24	32	5	990	25	32	6	240	26	33	6	692	27	35	7	371
24	33	6	177	25	33	6	435	26	34	6	895	27	36	7	581
24	34	6	364	25	34	6	630	26	35	7	098	27	37	7	792
24	35	6	552	25	35	6	825	26	36	7	300	27	38	8	002
24	36	6	739	25	36	7	020	26	37	7	503	27	39	8	213
24	37	6	926	25	37	7	215	26	38	7	706	27	40	8	424
24	38	7	113	25	38	7	410	26	39	7	909	27	41	8	634
24	39	7	300	25	39	7	605	26	40	8	112	27	42	8	845
24	40	7	488	25	40	7	800	26	41	8	314	27	43	9	055
24	41	7	675	25	41	7	995	26	42	8	517	27	44	9	266
24	42	7	862	25	42	8	190	26	43	8	720	27	45	9	477
24	43	8	049	25	43	8	385	26	44	8	923	27	46	9	687
24	44	8	236	25	44	8	580	26	45	9	126	27	47	9	898
24	45	8	424	25	45	8	775	26	46	9	328	27	48	10	108
24	46	8	611	25	46	8	970	26	47	9	531	27	49	10	319
24	47	8	798	25	47	9	165	26	48	9	734	27	50	10	530
24	48	8	985	25	48	9	360	26	49	9	937	27	51	10	740
24	49	9	172	25	49	9	555	26	50	10	140	27	52	10	951
24	50	9	360	25	50	9	750	26	51	10	342	27	53	11	161

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
27	54	11	372	28	57	12	448	29	61	13	798	30	66	15	444
27	55	11	583	28	58	12	667	29	62	14	024	30	67	15	678
27	56	11	793	28	59	12	885	29	63	14	250	30	68	15	912
27	57	12	004	28	60	13	104	29	64	14	476	30	69	16	146
27	58	12	214	28	61	13	322	29	65	14	703	30	70	16	380
27	59	12	425	28	62	13	540	29	66	14	929	31	31	7	495
27	60	12	636	28	63	13	759	29	67	15	155	31	32	7	737
27	61	12	846	28	64	13	977	29	68	15	381	31	33	7	979
27	62	13	057	28	65	14	196	29	69	15	607	31	34	8	221
27	63	13	267	28	66	14	414	29	70	15	834	31	35	8	463
27	64	13	478	28	67	14	632	30	30	7	020	31	36	8	704
27	65	13	689	28	68	14	851	30	31	7	254	31	37	8	646
27	66	13	899	28	69	15	069	30	32	7	488	31	38	9	188
27	67	14	110	28	70	15	288	30	33	7	722	31	39	9	430
27	68	14	320	29	29	6	559	30	34	7	956	31	40	9	672
27	69	14	531	29	30	6	786	30	35	8	190	31	41	9	713
27	70	14	742	29	31	7	012	30	36	8	424	31	42	10	155
28	28	6	115	29	32	7	238	30	37	8	658	31	43	10	397
28	29	6	333	29	33	7	464	30	38	8	892	31	44	10	639
28	30	6	552	29	34	7	690	30	39	9	126	31	45	10	881
28	31	6	770	29	35	7	917	30	40	9	360	31	46	11	122
28	32	6	988	29	36	8	143	30	41	9	594	31	47	11	364
28	33	7	207	29	37	8	369	30	42	9	828	31	48	11	606
28	34	7	425	29	38	8	595	30	43	10	062	31	49	11	848
28	35	7	644	29	39	8	821	30	44	10	296	31	50	12	090
28	36	7	862	29	40	9	048	30	45	10	530	31	51	12	331
28	37	8	080	29	41	9	274	30	46	10	764	31	52	12	573
28	38	8	299	29	42	9	500	30	47	10	998	31	53	12	815
28	39	8	517	29	43	9	726	30	48	11	232	31	54	13	057
28	40	8	736	29	44	9	952	30	49	11	466	31	55	13	299
28	41	8	954	29	45	10	179	30	50	11	700	31	56	13	540
28	42	9	172	29	46	10	405	30	51	11	934	31	57	13	782
28	43	9	391	29	47	10	631	30	52	12	168	31	58	14	024
28	44	9	609	29	48	10	857	30	53	12	402	31	59	14	266
28	45	9	828	29	49	11	083	30	54	12	636	31	60	14	508
28	46	10	046	29	50	11	310	30	55	12	870	31	61	14	749
28	47	10	264	29	51	11	536	30	56	13	104	31	62	14	991
28	48	10	483	29	52	11	762	30	57	13	338	31	63	15	233
28	49	10	701	29	53	11	988	30	58	13	572	31	64	15	475
28	50	10	920	29	54	12	214	30	59	13	806	31	65	15	717
28	51	11	138	29	55	12	441	30	60	14	040	31	66	15	958
28	52	11	356	29	56	12	667	30	61	14	274	31	67	16	200
28	53	11	575	29	57	12	893	30	62	14	508	31	68	16	442
28	54	11	793	29	58	13	119	30	63	14	742	31	69	16	684
28	55	12	012	29	59	13	345	30	64	14	976	31	70	16	926
28	56	12	230	29	60	13	572	30	65	15	210	32	32	7	987

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
32	33	8	236	33	41	10	553	34	50	13	260	35	60	16	380
32	34	8	486	33	42	10	810	34	51	13	525	35	61	16	653
32	35	8	736	33	43	11	068	34	52	13	790	35	62	16	926
32	36	8	985	33	44	11	325	33	53	14	055	35	63	17	199
32	37	9	235	33	45	11	583	34	54	14	320	35	64	17	472
32	38	9	484	33	46	11	840	34	55	14	586	35	65	17	745
32	39	9	734	33	47	12	097	34	56	14	851	35	66	18	018
32	40	9	984	33	48	12	355	34	57	15	116	35	67	18	291
32	41	10	233	33	49	12	612	34	58	15	381	35	68	18	564
32	42	10	483	33	50	12	870	34	59	15	646	35	69	18	837
32	43	10	732	33	51	13	127	34	60	15	912	35	70	19	110
32	44	10	982	33	52	13	384	34	61	16	117	36	36	10	108
32	45	11	232	33	53	13	642	34	62	16	442	36	37	10	388
32	46	11	481	33	54	13	899	34	63	16	707	36	38	10	670
32	47	11	731	33	55	14	157	34	64	16	972	36	39	10	951
32	48	11	980	33	56	14	414	34	65	17	238	36	40	11	232
32	49	12	230	33	57	14	671	34	66	17	503	36	41	11	512
32	50	12	480	33	58	14	929	34	67	17	768	36	42	11	793
32	51	12	729	33	59	15	186	34	68	18	033	36	43	12	070
32	52	12	979	33	60	15	444	34	69	18	298	36	44	12	355
32	53	13	228	33	61	15	701	34	70	18	564	36	45	12	636
32	54	13	478	33	62	15	958	35	35	9	555	36	46	12	916
32	55	13	728	33	63	16	216	35	36	9	828	36	47	13	197
32	56	13	977	33	64	16	473	35	37	10	101	36	48	13	478
32	57	14	227	33	65	16	731	35	38	10	374	36	49	13	759
32	58	14	476	33	66	16	988	35	39	10	647	36	50	14	040
32	59	14	726	33	67	17	245	35	40	10	920	36	51	14	320
32	60	14	976	33	68	17	503	35	41	11	193	36	52	14	601
32	61	15	225	33	69	17	760	35	42	11	466	36	53	14	882
32	62	15	475	33	70	18	018	35	43	11	739	36	54	15	163
32	63	15	724	34	34	9	016	35	44	12	012	36	55	15	444
32	64	15	974	34	35	9	282	35	45	12	285	36	56	15	724
32	65	16	224	34	36	9	547	36	46	12	558	36	57	16	005
32	66	16	473	34	37	9	812	35	47	12	831	36	58	16	286
32	67	16	723	34	38	10	077	35	48	13	104	36	59	16	567
32	68	16	972	34	39	10	342	35	49	13	377	36	60	16	848
32	69	17	222	34	40	10	608	35	50	13	650	36	61	17	128
32	70	17	472	34	41	10	873	35	51	13	923	36	62	17	409
33	33	8	494	34	42	11	138	35	52	14	196	36	63	17	690
33	34	8	751	34	43	11	403	35	53	14	469	36	64	17	971
33	35	9	009	34	44	11	668	35	54	14	742	36	65	18	252
33	36	9	266	34	45	11	934	35	55	15	015	36	66	18	532
33	37	9	523	34	46	12	199	35	56	15	288	36	67	18	813
33	38	9	781	34	47	12	464	35	57	15	561	36	68	19	094
33	39	10	038	34	48	12	729	35	58	15	834	36	69	19	375
33	40	10	296	34	49	12	994	35	59	16	107	36	70	19	656

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
37	37	10	678	38	50	14	820	39	64	19	468	41	49	15	670
37	38	10	966	38	51	15	116	39	65	19	773	41	50	15	990
37	39	11	255	38	52	15	412	39	66	20	077	41	51	16	309
37	40	11	544	38	53	15	709	39	67	20	381	41	52	16	629
37	41	11	832	38	54	16	005	39	68	20	685	41	53	16	949
37	42	12	121	38	55	16	302	39	69	20	989	41	54	17	269
37	43	12	409	38	56	16	598	39	70	21	294	41	55	17	589
37	44	12	698	38	57	16	894	40	40	12	480	41	56	17	909
37	45	12	987	38	58	17	191	40	41	12	792	41	57	18	228
37	46	13	275	38	59	17	487	40	42	13	104	41	58	18	548
37	47	13	564	38	60	17	784	40	43	13	416	41	59	18	868
37	48	13	852	38	61	18	080	40	44	13	728	41	60	19	188
37	49	14	141	38	62	18	375	40	45	14	040	41	61	19	507
37	50	14	430	38	63	18	673	40	46	14	352	41	62	19	827
37	51	14	718	38	64	18	969	40	47	14	664	41	63	20	147
37	52	15	007	38	65	19	266	40	48	14	976	41	64	20	467
37	53	15	295	38	66	19	562	40	49	15	288	41	65	20	787
37	54	15	584	38	67	19	858	40	50	15	600	41	66	21	106
37	55	15	873	38	68	20	155	40	51	15	912	41	67	21	426
37	56	16	161	38	69	20	451	40	52	16	224	41	68	21	746
37	57	16	450	38	70	20	748	40	53	16	536	41	69	22	066
37	58	16	738	39	39	11	863	40	54	16	848	41	70	22	386
37	59	17	027	39	40	12	168	40	55	17	160	42	42	13	759
37	60	17	316	39	41	12	472	40	56	17	472	42	43	14	086
37	61	17	604	39	42	12	776	40	57	17	784	42	44	14	414
37	62	17	893	39	43	13	080	40	58	18	096	42	45	14	742
37	63	18	181	39	44	13	384	40	59	18	408	42	46	15	069
37	64	18	470	39	45	13	689	40	60	18	720	42	47	15	397
37	65	18	759	39	46	13	993	40	61	19	032	42	48	15	724
37	66	19	047	39	47	14	297	40	62	19	344	42	49	16	052
37	67	19	336	39	48	14	601	40	63	19	656	42	50	16	380
37	68	19	624	39	49	14	905	40	64	19	968	42	51	16	707
37	69	19	913	39	50	15	210	40	65	20	280	42	52	17	035
37	70	20	202	39	51	15	514	40	66	20	592	42	53	17	362
38	38	11	263	39	52	15	818	40	67	20	904	42	54	17	690
38	39	11	559	39	53	16	122	40	68	21	216	42	55	18	018
38	40	11	856	39	54	16	426	40	69	21	528	42	56	18	345
38	41	12	152	39	55	16	731	40	70	21	840	42	57	18	673
38	42	12	448	39	56	17	035	41	41	13	111	42	58	19	000
38	43	12	745	39	57	17	339	41	42	13	431	42	59	19	328
38	44	13	041	39	58	17	643	41	43	13	751	42	60	19	656
38	45	13	338	39	59	17	947	41	44	14	071	42	61	19	983
38	46	13	634	39	60	18	252	41	45	14	391	42	62	20	311
38	47	13	930	39	61	18	556	41	46	14	710	42	63	20	638
38	48	14	227	39	62	18	860	41	47	15	030	42	64	20	966
38	49	14	523	39	63	19	164	41	48	15	350	42	65	21	294

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
42	66	21	621	44	57	19	562	46	52	18	657	48	51	19	094
42	67	21	949	44	58	19	905	46	53	19	016	48	52	19	468
42	68	22	276	44	59	20	248	46	54	19	375	48	53	19	843
42	69	22	604	44	60	20	592	46	55	19	734	48	54	20	217
42	70	22	932	44	61	20	935	46	56	20	092	48	55	20	592
43	43	14	422	44	62	21	278	46	57	20	451	48	56	20	966
43	44	14	757	44	63	21	621	46	58	20	810	48	57	21	340
43	45	15	093	44	64	21	964	46	59	21	169	48	58	21	715
43	46	15	428	44	65	22	308	46	60	21	528	48	59	22	089
43	47	15	763	44	66	22	651	46	61	21	886	48	60	22	454
43	48	16	099	44	67	22	994	46	62	22	245	48	61	22	838
43	49	16	434	44	68	23	337	46	63	22	604	48	62	23	212
43	50	16	770	44	69	23	680	46	64	22	963	48	63	23	587
43	51	17	105	44	70	24	024	46	65	23	322	48	64	23	961
43	52	17	440	45	45	15	795	46	66	23	680	48	65	24	336
43	53	17	776	45	46	16	146	46	67	24	039	48	66	24	710
43	54	18	111	45	47	16	497	46	68	24	398	48	67	25	084
43	55	18	447	45	48	16	848	46	69	24	757	48	68	25	459
43	56	18	782	45	49	17	199	46	70	25	116	48	69	25	833
43	57	19	117	45	50	17	550	47	47	17	230	48	70	26	208
43	58	19	453	45	51	17	901	47	48	17	596	49	49	18	727
43	59	19	788	45	52	18	252	47	49	17	963	49	50	19	110
43	60	20	124	45	53	18	603	47	50	18	330	49	51	19	492
43	61	20	459	45	54	18	954	47	51	18	696	49	52	19	874
43	62	20	794	45	55	19	305	47	52	19	063	49	53	20	256
43	63	21	130	45	56	19	656	47	53	19	429	49	54	20	638
43	64	21	465	45	57	20	007	47	54	19	796	49	55	21	821
43	65	21	800	45	58	20	358	47	55	20	163	49	56	21	403
43	66	22	136	45	59	20	709	47	56	20	529	49	57	21	785
43	67	22	471	45	60	21	060	47	57	20	896	49	58	22	167
43	68	22	807	45	61	21	411	47	58	21	262	49	59	22	549
43	69	23	142	45	62	21	762	47	59	21	629	49	60	22	932
43	70	23	478	45	63	22	113	47	60	21	996	49	61	23	314
44	44	15	100	45	64	22	464	47	61	22	362	49	62	23	696
44	45	15	444	45	65	22	815	47	62	22	729	49	63	24	078
44	46	15	787	45	66	23	166	47	63	23	095	49	64	24	460
44	47	16	130	45	67	23	517	47	64	23	462	49	65	24	843
44	48	16	473	45	68	23	868	47	65	23	829	49	66	25	225
44	49	16	816	45	69	24	219	47	66	24	195	49	67	25	607
44	50	17	160	45	70	24	570	47	67	24	562	49	68	25	989
44	51	17	503	46	46	16	504	47	68	24	928	49	69	26	371
44	52	17	846	46	47	16	863	47	69	25	295	49	70	26	754
44	53	18	189	46	48	17	222	47	70	25	662	50	50	19	500
44	54	18	532	46	49	17	581	48	48	17	971	50	51	19	890
44	55	18	876	46	50	17	940	48	49	18	345	50	52	20	280
44	56	19	219	46	51	18	298	48	50	18	720	50	53	20	670

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
50	54	21	060	52	61	24	741	55	56	24	024	58	60	27	144
50	55	21	450	52	62	25	147	55	57	24	453	58	61	27	596
50	56	21	840	52	63	25	552	55	58	24	882	58	62	28	048
50	57	22	230	52	64	25	958	55	59	25	311	58	63	28	501
50	58	22	620	52	65	26	364	55	60	25	740	58	64	28	953
50	59	23	010	52	66	26	769	55	61	26	169	58	65	29	405
50	60	23	400	52	67	27	175	55	62	26	598	58	66	29	858
30	61	23	790	52	68	27	580	55	63	27	027	58	67	30	310
50	62	24	180	52	69	27	986	55	64	27	456	58	68	30	763
50	63	24	570	52	70	28	392	55	65	27	885	58	69	31	215
50	64	24	960	53	53	21	910	55	66	28	314	58	70	31	668
50	65	25	350	53	54	22	323	55	67	28	743	59	59	27	151
50	66	25	740	53	55	22	737	55	68	29	172	59	60	27	612
50	67	26	130	53	56	23	150	55	69	29	601	59	61	28	072
50	68	26	520	53	57	23	563	55	70	30	030	59	62	28	532
50	69	26	910	53	58	23	977	56	56	24	460	59	63	28	992
50	70	27	300	53	59	24	390	56	57	24	897	59	64	29	452
51	51	20	287	53	60	24	804	56	58	25	334	59	65	29	913
51	52	20	685	53	61	25	217	56	59	25	771	59	66	30	375
51	53	21	083	53	62	25	630	56	60	26	208	59	67	30	833
51	54	21	481	53	63	26	044	56	61	26	644	59	68	31	293
51	55	21	879	53	64	26	457	56	62	27	081	59	69	32	753
51	56	22	276	53	65	26	871	56	63	27	518	59	70	32	214
51	57	22	674	53	66	27	284	56	64	27	955	60	60	28	080
51	58	23	072	53	67	27	697	56	65	28	392	60	61	28	548
51	59	23	470	53	68	28	111	56	66	28	828	60	62	29	016
51	60	23	868	53	69	28	524	56	67	29	265	60	63	29	484
51	61	24	265	53	70	28	938	56	68	29	702	60	64	29	952
51	62	24	663	54	54	22	744	56	69	30	139	60	65	30	420
51	63	25	061	54	55	23	166	56	70	30	576	60	66	30	888
51	64	25	459	54	56	23	587	57	57	25	342	60	67	31	356
51	65	25	857	54	57	24	008	57	58	25	786	60	68	31	824
51	66	26	254	54	58	24	429	57	59	26	231	60	69	32	292
51	67	26	652	54	59	24	850	57	60	26	676	60	70	32	760
51	68	27	050	54	60	25	272	57	61	27	120	61	61	29	023
51	69	27	448	54	61	25	693	57	62	27	565	61	62	29	499
51	70	27	846	54	62	26	114	57	63	28	009	61	63	29	975
52	52	21	091	54	63	26	535	57	64	28	454	61	64	30	451
52	23	21	496	54	64	26	956	57	65	28	899	61	65	30	927
52	54	21	902	54	65	27	378	57	66	29	343	61	66	31	402
52	55	22	308	54	66	27	799	57	67	29	788	61	67	31	878
52	56	22	713	54	67	28	220	57	68	30	232	61	68	32	354
52	57	23	119	54	68	28	641	57	69	30	677	61	69	32	830
52	58	23	524	54	69	29	062	57	70	31	121	61	70	33	306
52	59	23	930	54	70	29	484	58	58	26	239	62	62	29	983
52	60	24	336	54	55	23	595	58	59	26	691	62	63	30	466

DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS		DIMENSIONS		POIDS	
Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.	Épaisseur.	Largeur.	Kilogr.	Grammes.
mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.			mill.	mill.		
62	64	30	950	64	68	33	945	68	68	36	067	83	83	53	734
62	65	31	434	64	69	34	444	68	69	36	597	84	84	55	036
62	66	31	917	64	70	34	944	68	70	37	128	85	85	56	355
62	67	32	411	65	65	32	955	69	69	37	135	86	86	57	688
62	68	32	884	65	66	33	462	69	70	37	674	87	87	59	038
62	69	33	368	65	67	33	969	70	70	38	220	88	88	60	403
62	70	33	852	65	68	34	476	71	71	39	319	89	89	61	783
63	63	30	956	65	69	34	983	72	72	40	435	90	90	63	180
63	64	31	449	65	70	35	490	73	73	41	566	91	91	64	591
63	65	31	941	66	66	33	976	74	74	42	712	92	92	66	019
63	66	32	432	66	67	34	491	75	75	43	875	93	93	67	462
63	67	32	923	66	68	35	006	76	76	45	052	94	94	68	920
63	68	33	415	66	69	35	521	77	77	46	246	95	95	70	395
63	69	33	906	66	70	36	036	78	78	47	455	96	96	71	884
63	70	34	398	67	67	35	014	79	79	48	679	97	97	73	390
64	64	31	948	67	68	35	536	80	80	49	920	98	98	74	911
64	65	32	448	67	69	36	059	81	81	51	175	99	99	76	447
64	66	32	947	67	70	36	582	82	82	52	447	100	100	78	000
64	67	33	446												

TABLE ALPHABÉTIQUE

D

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Z

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

